

Kai vienakriterijinio optimizavimo uždavinio nevaldomieji kintamieji yra laikomi atsitiktiniais dydžiais, apie kurių reikšmių kitimą yra surinkta (arba galima surinkti) pakankamai daug statistinės informacijos, bei kai šį optimizavimo uždavinį, laikui bėgant, tenka spręsti ir gautą sprendinį taikyti pakankamai daug kartų (pavyzdžiui, reguliariai), tai, sprendžiant tokį optimizavimo uždavinį, pasitelkiami ne tik specialūs optimizavimo (tiesinio, netiesinio, dinaminio ir pan.), bet ir matematinės statistikos metodai, tame tarpe ir stochastinio programavimo metodai.

Kai nevaldomųjų kintamųjų dispersijos yra, palyginti, mažos, dėl ko tuos kintamuosius galima laikyti praktiškai pastoviais determinuotais dydžiais, o taip pat kai optimalumo rodiklio reikšmės priklausomybė nuo atsitiktinai besikeičiančių nevaldomųjų kintamųjų reikšmių yra tiesinė, tai tokio vienakriterijinio dažnai sprendžiamo optimizavimo uždavinio matematinį modelį galima suvesti į determinuotą, pakeičiant atsitiktines nevaldomųjų kintamųjų reikšmes jų matematiniais vidurkiais. Tokių optimizavimo uždavinių sprendimas jau niekuo nesiskiria nuo determinuotų vienakriterijinių optimizavimo uždavinių sprendimo, aprašyto 1.15. skyriuje. Skiriasi tik gautų sprendinių interpretacija: šiuo atveju gauti sprendiniai ne būtinai bus optimalūs kiekvienu konkrečiu atveju (dažniausiai jie bus gana tolimi nuo optimalių), tačiau jie bus „**optimalūs vidutiniškai**“, t. y., sprendžiant tokius uždavinius daug kartų ir nesikeičiant (ar beveik nesikeičiant) nevaldomųjų kintamųjų reikšmių vidurkiams, mūsų apskaičiuotas valdomųjų kintamųjų reikšmės atitinkantis optimalumo rodiklio reikšmės vidurkis bus bent kurį laiką vidutiniškai optimalus.

Kai nevaldomųjų kintamųjų reikšmių dispersijos nėra tokios mažos, kad tuos kintamuosius būtų galima laikyti praktiškai pastoviais dydžiais, ir kai optimalumo rodiklio priklausomybė nuo nevaldomųjų kintamųjų nėra tiesinė, tai **nevaldomųjų kintamųjų reikšmių pakeitimas jų matematiniais vidurkiais jau nėra matematiškai pagrįstas** ir neretai gali duoti neleistinai dideles paklaidas, nes netiesinėms funkcijoms $\varphi(\omega)$ jau nebegalioja „vidurkinimo“ lygybė $\varphi(\bar{\omega}) = \overline{\varphi(\omega)}$. Todėl tokiais atvejais „vidurkių metodas“ jau nebegali būti beatodairiškai taikomas. Tuomet galima ir tikslinga naudotis nagrinėjamo proceso **statistinio modeliavimo metodu**, parenkant valdomųjų kintamųjų $x_1, x_2, \dots, x_n$ reikšmes taip, kad, atsitiktinai besikeičiant nevaldomųjų kintamųjų $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$ reikšmėms, būtų gaunamas optimizavimo uždavinio tikslo funkcijos $F(x_1, x_2, \dots, x_n, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$ matematinio vidurkio

$$\iint \dots \int_{(G)} F(x_1, x_2, \dots, x_n, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) f(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) d\omega_1 d\omega_2 \dots d\omega_m$$

(arba $\sum_{\omega_1^{(i)}} \sum_{\omega_2^{(j)}} \dots \sum_{\omega_m^{(k)}} [F(x_1, x_2, \dots, x_n, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) p(\omega_1^{(i)}) p(\omega_2^{(j)}) \dots p(\omega_m^{(k)})]$ optimumas, kur $f(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$

yra nevaldomųjų kintamųjų atsitiktinių reikšmių pasiskirstymo tikimybinio tankio funkcija, kai tos reikšmės pasiskirsčiusios tolydžiai, o $p(\omega_1^{(i)}) p(\omega_2^{(j)}) \dots p(\omega_m^{(k)})$ – nevaldomųjų kintamųjų reikšmių tikimybės, kai tos reikšmės pasiskirsčiusios diskrečiai.

Tokių optimizavimo uždavinių tik retkarčiais pavyksta išspręsti naudojantis tiksliais analiziniais metodais, todėl **tokie uždaviniai dažniausiai sprendžiami naudojantis artutiniais skaičiavimo matematikos metodais bei pasitelkiant statistinį imitacinį modeliavimą ir matematinius eksperimentus**. Tokių uždavinių sprendimo metodai bei jų taikymo pavyzdžiai nagrinėjami operacijų tyrimo kurse.

Gauti sprendiniai (kaip ir nevaldomųjų kintamųjų reikšmių pakeitimo jų vidurkiais atveju) yra optimalūs tik vidutiniškai, t. y. gali pateisinti save tik tada, kai nagrinėjamoji situacija, žymiai nesikeičiant nevaldomųjų kintamųjų reikšmių statistiniam pasiskirstymui, kartojasi pakankamai daug kartų ir kiekvieną kartą taikomas ką tik minėtais būdais rastas vidutiniškai optimalus sprendinys, optimizuojantis tikslo funkcijos matematinį vidurkį.

Kai vienakriterijinį optimizavimo uždavinį, esant atsitiktinėms nevaldomųjų kintamųjų $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$ reikšmėms, tenka spręsti tik vieną kartą, statistinė informacija apie nevaldomųjų kintamųjų reikšmių pasiskirstymą nedaug ką gali duoti, nes atsitiktinės nevaldomųjų kintamųjų reikšmės gali būti tokios, kad jas atitinkantis konkretus optimalus sprendinys gali būti gana tolimas nuo „vidutiniškai optimalaus sprendinio“.

Tokiu atveju galima pasinaudoti informacija apie nevaldomųjų kintamųjų galimų reikšmių sritį, t. y. apie sritį G , kuriai priklauso nevaldomųjų kintamųjų $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$ reikšmių vektorius $\vec{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$, ir, vadovaujantis ankstesniuose skyreliuose minėtu **atsargaus pesimizmo principu**, surasti sprendinį, garantuojantį, kad tikslo funkcijos reikšmė bet kuriuo atveju nebus blogesnė už tam tikrą iš anksto apskaičiuotą jos reikšmę.

Kai tikslo funkcijos $F(x_1, x_2, \dots, x_n, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) = F(\vec{x}, \vec{\omega})$, išreiškiančios optimalumo rodiklio priklausomybę nuo valdomųjų kintamųjų vektoriaus $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ir nevaldomųjų kintamųjų vektoriaus $\vec{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$, optimali reikšmė yra jos maksimumas, tai kiekvienai vektoriaus $\vec{x}$

reikšmei galima surasti tokią vektoriaus $\bar{\omega} \in G$ reikšmę $\bar{\omega}(\bar{x})$, prie kurios tikslo funkcijos reikšmė tampa minimali, o po to išsirinkti tą vektoriaus $\bar{x}$ reikšmę $\bar{x}^*$, prie kurios ta minimali tikslo funkcijos reikšmė būtų pati didžiausia. Kitaip tariant, galima surasti $\max_{\bar{x}} \min_{\bar{\omega} \in G} F(\bar{x}, \bar{\omega}) = F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*)$, kur $\bar{\omega}^*$ yra ta $\bar{\omega}(\bar{x}^*)$ reikšmė, prie kurios funkcija $F(\bar{x}^*, \bar{\omega})$ pasiektų minimumą. Iš gautų lygybių išplaukia, kad, valdymo subjektui laikantis strategijos $\bar{x} = \bar{x}^*$, tikslo funkcijos (o kartu ir optimalumo rodiklio) reikšmė $F(\bar{x}^*, \bar{\omega})$, esant bet kuriai nevaldomųjų kintamųjų vektoriaus reikšmei $\bar{\omega}$, niekada nebus mažesnė už maksimalią garantuotą reikšmę $F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*) = \max_{\bar{x}} \min_{\bar{\omega} \in G} F(\bar{x}, \bar{\omega})$.

Kai optimali tikslo funkcijos $F(\bar{x}, \bar{\omega})$ reikšmė yra ne jos maksimumas, o jos minimumas, elgiamasi atvirkščiai: kiekvienai galimai valdomųjų kintamųjų vektoriaus $\bar{x}$ reikšmei surandama tokia nevaldomųjų kintamųjų vektoriaus $\bar{\omega} \in G$ reikšmė $\bar{\omega}(\bar{x})$, prie kurios tikslo funkcija $F(\bar{x}, \bar{\omega})$ pasiekia maksimumą, o po to parenkama tokia vektoriaus $\bar{x}$ reikšmė $\bar{x}^*$, prie kurios tas maksimumas taptų mažiausias. Kitaip tariant, surandamas $\min_{\bar{x}} \max_{\bar{\omega} \in G} F(\bar{x}, \bar{\omega}) = F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*)$, kur $\bar{\omega}^*$ yra tokia vektoriaus $\bar{\omega}(\bar{x}^*)$ reikšmė, prie kurios funkcija $F(\bar{x}^*, \bar{\omega})$ pasiekia maksimumą. Tuomet galima garantuoti, kad, jei valdymo subjektas laikysis strategijos $\bar{x} = \bar{x}^*$, tai tikslo funkcijos (o kartu ir optimalumo rodiklio) reikšmė $F(\bar{x}^*, \bar{\omega})$, esant bet kokiai nevaldomųjų kintamųjų vektoriaus $\bar{y}$ reikšmei, niekada nebus didesnė už minimalią garantuotą reikšmę $F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*) = \min_{\bar{x}} \max_{\bar{\omega} \in G} F(\bar{x}, \bar{\omega})$.

Kadangi nevaldomieji kintamieji dažniausiai turės ne pačią blogiausią reikšmę $\bar{\omega} = \bar{\omega}^*$, o reikšmę artimą vidurkiui, tai dažniausiai tikslo funkcijos reikšmė $F(\bar{x}^*, \bar{\omega})$ bus geresnė už $F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*)$ ir niekada nebus blogesnė už šią garantuotą optimalumo rodiklio reikšmę $F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*)$.

Reikėtų pažymėti, kad sprendžiant vienakriterijinius optimizavimo uždavinius ne visada vadovaujamasi pesimizmo principu ir iš jo išplaukiančia valdomųjų kintamųjų reikšmių pasirinkimo strategija $\bar{x} = \bar{x}^*$, užtikrinančia, kad optimalumo rodiklio reikšmė nebus blogesnė už jo optimalią reikšmę blogiausiu atveju.

Neretai praktikoje, sprendžiant vienkartinis vienakriterijinius uždavinius, tais atvejais, kai nevaldomieji kintamieji – atsitiktiniai dydžiai, naudojami tie patys metodai, kurie naudojami sprendžiant analogiškus daugkartinis vienakriterijinius uždavinius, t. y. mūsų jau aprašyti „vidurkių“ ir statistinio imitacinio modeliavimo metodai. Tokį minėtų metodų taikymą vienkartiniams uždaviniams bandoma „pagrįsti“ tuo, jog daugumoje tokių atvejų su nemaža tikimybe galima tikėtis, kad realios nevaldomųjų kintamųjų reikšmės nebus labai nutolusios nuo savo matematinių vidurkių, ir todėl su nemaža tikimybe galima tikėtis, kad ir mūsų matematinės statistikos metodais apskaičiuotas „vidutiniškai optimalus“ sprendinys nebus labai nutolęs nuo dabartinės nevaldomųjų kintamųjų reikšmės atitinkančio optimalaus sprendinio, todėl galbūt bus geresnis už tą sprendinį, kurį gautume vadovaudamiesi pesimizmo principu.

Žinoma, naudojantis matematinės statistikos metodais, sprendžiant vienkartinis vienakriterijinius optimizavimo uždavinius, atsiranda rizika, jog kai kuriais atvejais bus gautas rezultatas, blogesnis už sprendinį, kuris garantuotai galėjo būti gautas mūsų jau aprašytu metodu, naudojantis strategija $\bar{x} = \bar{x}^*$, išplaukiančia iš pesimizmo principo. Tačiau tikimasi, jog tokių atvejų tikimybė nėra didelė, ir todėl neretai manoma, jog rizikuoti verta ir visada vadovautis pesimizmo principu nebūtina.

Sutinkant su tuo, jog šie samprotavimai turi šioki–toki „racionalumo grūdą“, vis dėlto tokiais atvejais galima būtų pasiūlyti ir mažiau rizikingą bei galbūt šiek tiek racialesnį vienkartinį vienakriterijinių optimizavimo uždavinių sprendimo būdą: naudojantis statistine informacija apie nevaldomųjų kintamųjų kitimą ir prognozavimo metodais, apie kuriuos jau buvo šiek tiek kalbėta 1.14. skyriuje bei kurie gana plačiai aprašyti specialioje literatūroje (žiūr., pavyzdžius [182, 194÷196]), galima apskaičiuoti prognostines nevaldomųjų kintamųjų reikšmes tam momentui, kada reikės priimti valdymo sprendimą, ir, tokiu būdu suvedus stochastinį optimizavimo uždavinį į determinuotą, galima jį išspręsti jau mums žinomais metodais.

Tais atvejais, kai valdymo sprendinio priėmimo (t. y., valdomųjų kintamųjų reikšmių pasirinkimo) momentu tampa žinomos ne tik prognostinės, bet ir tikrosios nevaldomųjų kintamųjų reikšmės, galima pagerinti garantuoto sprendinio, gaunamo vadovaujantis pesimizmo principu, reikšmę: kiekvienai galimai nevaldomųjų kintamųjų vektoriaus $\bar{\omega} \in G$ reikšmei galima iš anksto apskaičiuoti valdomųjų kintamųjų vektoriaus $\bar{x}$ reikšmę $\bar{x}(\bar{\omega})$, optimizuojančią tikslo funkcijos $F(\bar{x}, \bar{\omega})$ reikšmę ir

po to naudotis valdomųjų kintamųjų vektoriams $\bar{x}$ reikšmės pasirinkimo strategija $\bar{x} = \bar{x}(\bar{\omega})$. Tuomet tuo atveju, kai $\text{opt}F(\bar{x}, \bar{\omega}) = \max_{\bar{\omega}} F(\bar{x}, \bar{\omega})$, gausime, jog, esant bet kuriai nevaldomųjų kintamųjų vektoriui $\bar{\omega}$ reikšmei, tikslo funkcijos $F(\bar{x}, \bar{\omega})$ reikšmė $F(\bar{x}(\bar{\omega}), \bar{\omega}) = \max_{\bar{x}} F(\bar{x}, \bar{\omega})$, atitinkanti mūsų pasirinktą valdomųjų kintamųjų vektorių $\bar{x}$ reikšmę $\bar{x}(\bar{\omega})$, bus ne mažesnė už $\min_{\bar{\omega} \in G} \max_{\bar{x}} F(\bar{x}, \bar{\omega})$, o pastaroji, kas yra akivaizdu ir lengvai įrodoma, savo eile bus ne mažesnė už $\max_{\bar{x}} \min_{\bar{\omega} \in G} F(\bar{x}, \bar{\omega}) = F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*)$.

Analogiškai, kai $\text{opt}F(\bar{x}, \bar{\omega}) = \min_{\bar{x}} F(\bar{x}, \bar{\omega})$, gausime, jog $F(\bar{x}(\bar{\omega}), \bar{\omega}) = \min_{\bar{x}} F(\bar{x}, \bar{\omega}) \leq \max_{\bar{\omega} \in G} \min_{\bar{x}} F(\bar{x}, \bar{\omega}) \leq \min_{\bar{x}} \max_{\bar{\omega} \in G} F(\bar{x}, \bar{\omega}) = F(\bar{x}^*, \bar{\omega}^*)$, t. y. gausime, jog naudodamiesi strategija $\bar{x}(\bar{\omega})$ mes visada gausime sprendinį ne blogesnį už sprendinį, kurį būtume galėję gauti naudodamiesi strategija $\bar{x} = \bar{x}^*$.

Galimas papildomas išlošis atsiranda dėka tos papildomos informacijos, kuri gaunama valdymo sprendinio priėmimo momentu sužinant tuo momentu nevaldomųjų kintamųjų vektorių koordinatų reikšmes. Tai leidžia vietoj pastovios vektorių $\bar{x}$ reikšmės $\bar{x}^*$, išplaukiančios iš pesimizmo principo, pasirinkti to vektorių reikšmę $\bar{x}(\bar{\omega})$, atitinkančią jau žinomą nevaldomųjų kintamųjų vektorių reikšmę $\bar{\omega}$ ir optimizuojančią tikslo funkcijos reikšmę.

Kartais vienkriterijinių optimizavimo uždavinių nevaldomųjų kintamųjų reikšmės yra valdomos kitų asmenų, kurių interesai yra žinomi arba nuspėjami. Informacija apie tų asmenų interesus ir planus, jei pavyksta ją gauti ar nuspėti, gali žymiai sumažinti nevaldomųjų kintamųjų reikšmių neapibrėžtumą optimizavimo uždavinio modelyje.

Panašaus atvejo pavyzdžiu gali būti optimizavimo uždavinio sprendimas antagonistinėje konfliktinėje situacijoje. Kai nevaldomųjų kintamųjų reikšmės priklauso nuo kokio nors kito asmens ar asmenų grupės, kurie nusiteikę priešiška mūsų atžvilgiu (yra mūsų antagonistai), tai optimalaus sprendinio paieškai gali būti taikomi antagonistinių lošimų teorijos metodai, apie kuriuos jau buvo šiek tiek kalbėta 1.16.2.4. ir 1.16.2.5. skyreliuose. Lošimų teorijos metodai (jie bus specialiai nagrinėjami „Operacijų tyrimo“ kurse) gali būti taikomi ne tik antagonizmo, bet ir kooperacijos atveju, o taip pat lošimuose su „indeferentišku lošėju“ (pavyzdžiui, lošimuose su „gamta“, apie ką jau taip pat nemažai buvo rašyta 1.16.2.4. ir 1.16.2.5. skyrelyje).

Taigi, net sprenddami vienkriterijinius optimizavimo uždavinius, mes dažnai susiduriame su eile neapibrėžtumų, atsirandančių dėl optimizavimo tikslų ir optimizavimo uždavinio sąlygų nepakankamo apibrėžtumo, tačiau **optimizavimo tikslų neapibrėžtumą „apeiname“, t. y. eliminuojame jį dar prieš optimizavimo uždavinio matematinio modelio sudarymą, subjektyviai pasirinkdami vieną iš efektyvumo rodiklių uždavinio optimalumo rodikliu.**

Daugiakriterijiniuose optimizavimo uždaviniuose optimizavimo tikslų nepakankamas apibrėžtumas nėra „apeinamas“, iškart subjektyviai pasirenkant optimalumo rodiklį, o optimizavimo tikslo neapibrėžtumo problemos sprendimas perkeliamas ne tik į matematinio modelio sudarymą, bet ir į uždavinio sprendinio radimo algoritmo konstravimo fazę.

Gana dažnai, pasirenkant daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendinį, tenka nagrinėti ir sprendinio realizavimo fazę, nes gana dažnai vienu iš sprendinio vertinimo kriterijų būna ir sprendinio realizavimo galimybės įvertinimas, kadangi **yra svarbu ne tik pasirinkti efektyvų sprendinį, bet ir sugebėti tą sprendinį įgyvendinti.** Juk sprendinys, nors ir atrodantis labai viliojančiai, liks praktiškai bevertis, jei to sprendinio nepavyks įgyvendinti. Dar daugiau – bandymai jį įgyvendinti gali ne tik ne atnešti naudos, bet būti nuostolingi.

Paviršutiniškai žiūrint, gali susidaryti įspūdis, jog sprendžiant daugiakriterijinius optimizavimo uždavinius optimalumo rodiklio pasirinkimo bei kompleksinio optimalumo rodiklio konstravimo problema sprendžiama matematiškai ir objektyviai, ir todėl tai turėtų leisti gauti kokybiškesnį optimizavimo uždavinio sprendinį negu subjektyviai pasirenkant optimalumo rodiklį vienkriterijiniuose uždaviniuose. Tačiau šiek tiek atidžiau panagrinėjus, kaip sudaromi daugiakriterijinių optimizavimo uždavinių matematiniai modeliai bei kaip tokie uždaviniai yra

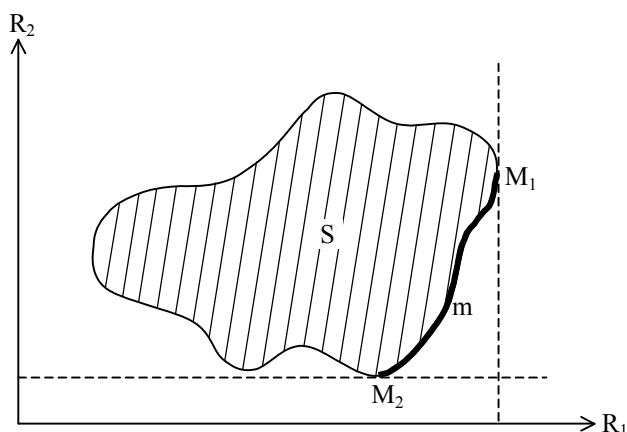
sprendžiami, nesunku pastebėti, kad pilnai išvengti subjektyvumo niekada nepavyksta, nes tie ar kiti subjektyvumo elementai visada neišvengiamai išlieka.

Daugiakriterijinių optimizavimo uždavinių formulavimo ir jų matematinių modelių sudarymo pranašumas, lyginant juos su vienakriterijiniais uždaviniais, yra ne subjektyvumo eliminavimas, o tame, kad, **bandant griežtai matematiškai formuluoti ir spręsti daugiakriterijinius optimizavimo uždavinius, optimalumo rodiklių pasirinkimo problema jau nėra patyliukais „apeinama“, subjektyviai „išsprendžiant“ ją dar iki uždavinio matematinio modelio užrašymo matematine kalba, o aiškiai suformuluojama ir iškeliamą kaip viena pagrindinių problemų, spręstinių sprendžiant daugiakriterijinį optimizavimo uždavinį. Toks specialus šios problemos iškėlimas, formuluojant ją atskirai ir bandant rasti objektyvų matematiškai pagrįstą sprendimą, nors ir nepriveda prie tikrai objektyvaus ir matematiškai pilnai pagrįsto jos išsprendimo, tačiau priverčia rimčiau įsigilinti į šios problemos esmę ir padeda rasti kad ir vis dėlto dar subjektyvų, tačiau jau labiau apgalvotą ir labiau „pasvertą“, o todėl dažnai – ir kokybiškesnį sprendimą. Svarbu ir tai, kad, ieškant sprendinio tokiu būdu, specialiai bandoma atsižvelgti ir į to sprendinio įgyvendinimo galimybę.**

Aišku, kad vienu metu pasiekti kelių skirtingų efektyvumo rodiklių optimalias reikšmes būtų galima tik tada, kai tie rodikliai būtų taip suderinti arba taip tarpusavy priklausomi, jog, optimizuojant vieno rodiklio reikšmę, galima būtų optimizuoti ir visų kitų rodiklių reikšmes. Tačiau tokie atvejai (kaip ir atvejai, kada surandamas bendras visų efektyvumo rodiklių vertinimo matas, leidžiantis visus efektyvumo rodiklius „objektyviai“ suvesti į vieną) greičiau gali būti įsivaizduojami tik teoriškai, o realiuose praktikai aktualiuose uždaviniuose vargu ar dažnai pasitaiko. Realiuose uždaviniuose dažniausiai būna taip, kad, optimizuojant vieno kurio nors efektyvumo rodiklio reikšmę, eilės kitų efektyvumo rodiklių reikšmės blogėja (pavyzdžiui, gerinant gaminio kokybę dažniausiai auga to gaminio pagaminimo išlaidos ir ir todėl auga jo savikaina) ir tik kai kuriais atvejais kai kurių kitų efektyvumo rodiklių reikšmės nesikeičia ar net gali gerėti (pavyzdžiui, gerinant gaminio kokybę, jo paklausa gali taip padidėti, kad, net padidėjus gaminio savikainai, bendras pelnas, gaunamas parduodant tos rūšies gaminius, gali padidėti). Apibendrinami konkrečių daugiakriterijinių optimizavimo uždavinių analizės rezultatus, mes priversti konstatuoti, jog bendruoju atveju bent dalis tuos uždavinius charakterizuojančių efektyvumo rodiklių gali būti tarpusavy nepriklausomi bei priklausomi taip, kad, gerinant vienų rodiklių reikšmes, kai kurių kitų rodiklių reikšmės gali blogėti. Todėl daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendinys bendruoju atveju yra **kompromisinis sprendinys**, kuriame vienų efektyvumo rodiklių reikšmių pagerinimas pasiekiamas kitų efektyvumo rodiklių reikšmių pabloginimo sąskaita. Kompromisinio sprendinio pasirinkimo pagrindas – tą pasirinkimą atliekančio asmens (ar kelių asmenų) subjektyvus sprendimas, kiek, gerinant vienų efektyvumo rodiklių reikšmes, apsimoka bloginti kai kurių kitų efektyvumo rodiklių reikšmes.

Kompromisinio sprendinio pasirinkimo procedūroje galima išskirti **du etapus**.

Pirmajame etape nustatoma taip vadinamoji **Pareto aibė**, leidžianti sumažinti taškų, vaizduojančių galimus pretendentes į daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendinį, skaičių. **Į Pareto aibę patenka tik tie galimi sprendiniai, kuriuose negalima pagerinti nė vieno efektyvumo rodiklio reikšmės tuo pačiu nepabloginant kurio nors kito efektyvumo rodiklio reikšmės.** Visi kiti galimi kompromisiniai sprendiniai, kuriuose toks pagerinimas įmanomas į Pareto aibę nepatenka, nes toje aibėje visuomet galima surasti sprendinį, kuris, būdamas ne blogesnis už duotąjį visų



408 pav.

paprastu pavyzdžiu, kurį vaizduoja 408 pav.

Tarkime, jog sprendžiamame daugiakriteriniame optimizavimo uždavinyje, charakterizuojamame dviem efektyvumo rodikliais. Tarkime, jog pirmąjį rodiklį, kurį pažymėsime R_1 , norime maksimizuoti, o antrąjį, pažymėtą R_2 – minimizuoti. Tarkime, jog šio uždavinio leistinų sprendinių sritį (LSS) koordinatinių R_1 ir R_2 plokštumoje $R_1 \times R_2$ sudaro 408 pav. užbrūkšniuota sritis S , t. y. tos srities taškai. Tuomet Pareto aibę, kurioje būtų tikslinga ieškoti tinkamiausio kompromisinio sprendinio, sudarytų paryškintos atkarpos M_1mM_2 taškai. Ši kreivės atkarpa riboja sritį S iš dešinės ir iš apačios. Jos galai – taškai M_1 ir M_2 – yra srities S kontūro lietimosi taškai su tiesėmis, lygiagrečiomis koordinatinių ašims. Taškas M_1 – tai srities S taškas, kuriame rodiklio R_1 reikšmė yra didžiausia, o taškas M_2 – tai srities S taškas, kuriame rodiklio R_2 reikšmė yra mažiausia. Bet kuris leistinas sprendinys, kurį vaizduoja srities S taškas, nepriklausantis atkarpai M_1mM_2 , būtinai bus bent vienos koordinatės reikšmės blogesnis už atitinkamą atkarpos M_1mM_2 tašką, turintį tą pačią ar net geresnę kitos koordinatės reikšmę. Todėl norint išsirinkti kiek galima geresnį kompromisinį sprendinį, tenkinantį optimizavimo uždavinio apribojimus, nėra prasmės perrinkinėti visos srities S visus taškus, o pakanka išanalizuoti žymiai mažesnę jų aibę – atkarpos M_1mM_2 taškus, t. y. šio optimizavimo uždavinio leistinų sprendinių Pareto aibės taškus.

Jei atkarpoje M_1mM_2 atsirastų horizontalių ar vertikalų atkarpėlių, tai tose atkarpėlėse pakaktų išanalizuoti tik atitinkamai dešiniuosius ir apatinius jų galus, nes kiti atkarpėlių taškai vaizduotų jau šiek tiek blogesnius sprendinius, nebesiekiančius Pareto aibei.

Jei „atkarpa“ M_1mM_2 būtų sudaryta iš vertikalios ir horizontalios tiesių atkarpų, besikertančių stačiuoju kampu, kurio viršūnė būtų pats žemiausias ir pats dešiniausias srities S taškas, tuomet Pareto aibę sudarytų tik vienas taškas – minėtojo kampo viršūnė. Tuomet, sprendžiant tokį dvikriterinį optimizavimo uždavinį, būtų galima surasti griežtai apibrėžtą vienintelį optimalų sprendinį, kuris būtų jau ne kompromisinis, o absoliučiai optimalus sprendinys. Visais gi atvejais, kai Pareto aibę sudaro daugiau negu vienas sprendinys, tenka rinktis toje aibėje kokį nors vieną kompromisinį sprendinį.

Tinkamiausio kompromisinio sprendinio išsirinkimas iš Pareto aibės kaip tik ir sudaro **antrąjį daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendinio etapą.**

Kompromisinio sprendinio, tenkinančio daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendėją bei to uždavinio sprendimo užsakovą, išsirinkimą iš Pareto aibės neretai bandoma matematizuoti ir, tokiu būdu, lyg ir „objektyvizuoti“. Vienas iš dažnai taikomų būdų – daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendinio nepriklausomų

kitų efektyvumo rodiklių atžvilgiu, yra geresnis už duotąjį bent vieno efektyvumo rodiklio atžvilgiu.

Čia ką tik aprašytas galimų kompromisinių sprendinių atrinkimo į Pareto aibę principas buvo pavadintas jį 1904 m. suformulavusio italų sociologo ir ekonomisto, matematinės mokyklos politekonomijoje atstovo **V. Pareto (V. Pareto) vardu.**

Pareto principo taikymą, sudarant Pareto aibę, pailiustruosiu

efektyvumo rodiklių $F_1, F_2, \dots, F_s, \dots, F_v$ agregavimas į kompleksinį optimalumo rodiklį W , atstovaujantį visus tuos efektyvumo rodiklius. Tokiu būdu daugiakriterijinis uždavinys suvedamas į vienakriterijinį, kuris sprendžiamas jau žinomais matematiniais metodais.

Kompleksinis (agreguotas) optimalumo rodiklis W gali būti konstruojamas gana įvairiai. Vienas iš paprasčiausių ir dažniausiai naudojamų būdų – **nepriklausomų efektyvumo rodiklių $F_1, F_2, \dots, F_s, \dots, F_v$ „svorinis“ sumavimas**, kartais vadinamas dar ir „**tiesine adityvine sąsūka**“: kiekvienas efektyvumo rodiklis F_s yra vertinamas pagal savo svarbą ir jam priskiriamas atitinkamo dydžio svorinis koeficientas a_s su ženklu „+“, kai pageidautina, jog F_s reikšmė būtų kuo didesnė, ir su ženklu „–“, kai pageidautina, jog F_s reikšmė būtų kuo mažesnė; po to visų taip „pasvertų“ efektyvumo rodiklių reikšmės sumuojamos ir gaunama kompleksinio (agreguoto) optimalumo rodiklio reikšmė $W = \sum_{s=1}^v a_s F_s$. Tokiu būdu daugiakriterijinis optimizavimo uždavinys subjektyviai suvedamas į vienakriterijinį kompleksinio optimalumo rodiklio W reikšmės maksimizavimo uždavinį.

Iš kompleksinio optimalumo rodiklio W formulės $W = \sum_{s=1}^v a_s F_s$ išplaukia, kad „tinkamiausio kompromisinio sprendinio“ pasirinkimas, naudojantis tiesinės adityvinės sąsūkos metodu, labai priklauso nuo to, kaip bus pasirinktos svorinių koeficientų a_s reikšmės, t. y. nuo to, kaip bus įvertinta santykinė efektyvumo rodiklių F_s svarba.

Egzistuoja gana daug įvairių tos svarbos ekspertinio įvertinimo metodu. Vieno tokiu metodu, vadinamo **hierarchijos analizės metodu (HAM)**, aprašymas yra pateiktas šios mokymo priemonės 1.16.3.4. skyrelyje.

Pasinaudojant tuo metodu galima apskaičiuoti kiekvieno efektyvumo rodiklio (sprendinio vertinimo kriterijaus, sprendžiant kompromisinio sprendinio pasirinkimo iš duotos alternatyvinių sprendimų aibės problemą) svarbos koeficiento a_s santykinę reikšmę w_s , o po to apskaičiuoti kompleksinio optimalumo rodiklio W reikšmę kiekvienam iš galimų alternatyvių kompromisinių sprendinių ir išsirinkti tą iš jų, kuris atitinka didžiausią kompleksinio rodiklio reikšmę.

Rekomenduočiau skaitytojui jau dabar susipažinti su HAM esme ir jo taikymo pavyzdžiais. Tai padėtų jam geriau suvokti, kaip gali būti sprendžiami daugiakriterijiniai optimizavimo uždaviniai ir išsirenkamas labiausiai pageidautinas kompromisinis sprendinys.

Kitas dažnai praktikuojamas kompleksinio optimalumo rodiklio W konstravimo būdas – „**multiplikatyvinė sąsūka**“, kuri skiriasi nuo ką tik aprašytos „adityvinės sąsūkos“ tik tuo, kad algebrinis „svorinis“ nepriklausomų efektyvumo rodiklių sumavimas pakeičiamas tų rodiklių pakeltų laipsniais $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s, \dots, \alpha_v$, daugyba. Ženklų priskyrimo „svoriniams“ laipsnių rodikliams α_s taisyklė išlieka analogiška anksčiau aprašytai ženklų priskyrimo „svoriniams“ koeficientams a_s taisyklei: kai pageidautina, kad efektyvumo rodiklio F_s reikšmė būtų kiek galima didesnė, tai laipsnio rodiklio α_s ženklas yra „+“, o kai pageidautina, kad efektyvumo rodiklio F_s reikšmė būtų kuo mažesnė, tai α_s ženklas yra „–“. Analogiškai parenkamos ir absoliučios laipsnių rodiklių α_s reikšmės: kuo svarbesniu laikomas efektyvumo rodiklis F_s , tuo didesnė pasirenkama absoliučioji laipsnio rodiklio α_s reikšmė. Naudojantis „multiplikatyvinės sąsūkos“ metodu, kompleksinio optimalumo rodiklio W , agreguojančio visus nepriklausomus efektyvumo rodiklius $F_1, F_2, \dots, F_s, \dots, F_v$,

reikšmė, apskaičiuojama, naudojantis formule $W = \prod_{s=1}^v F_s^{\alpha_s}$. Logaritmuodami abi šios

lygybės puses, multiplikatyvinę šio rodiklio formą pervestume į adityvinę, kuri skirtusi nuo paprastos adityvinės formos tik tuo, kad efektyvumo rodiklių F_s reikšmės (jų svarbos santykiai) būtų vertinami jau ne paprastoje, o logaritminėje skalėje.

Kartais naudojamos ir sudėtingesnės nepriklausomų efektyvumo rodiklių agregavimo formos ir jas atitinkančios kompleksinio optimalumo rodiklio W reikšmės apskaičiavimo formulės, analogiškos ekonometrikoje naudojamoms sudėtingesnėms formulėms (pavyzdžiui, analogiškos gamybinės funkcijos CES formulei, kurią mes nagrinėjome 1.14.12.3.1. skyrelyje).

Tačiau visi šie matematizuoti nepriklausomų efektyvumo rodiklių $F_1, F_2, \dots, F_s, \dots, F_v$ agregavimo į kompleksinį optimalumo rodiklį W būdai **atrodo objektyvūs tik paviršutiniškai stebėtojų, o iš tikrųjų tinkamiausio kompromisinio sprendinio pasirinkimas iš Pareto aibės išlieka subjektyvus: tiesioginį subjektyvumą, pasireiškiantį tiesiogiai išsirenkant iš Pareto aibės vieną, atrodantį labiausiai tinkamą, kompromisinį sprendinį, pakeičia netiesioginis subjektyvumas, pasireiškiantis subjektyviai vertinant efektyvumo rodiklių $F_1, F_2, \dots, F_s, \dots, F_v$ svarbą ir subjektyviai pasirenkant „svorinių“ koeficientų α_s bei „svorinių“ laipsnių rodiklių α_s konkretias reikšmes**. Ir ne visada šis – antrasis – efektyvumo rodiklių svarbos vertinimo būdas leidžia išsirinkti geresnį sprendinį negu tai būtų buvę galima padaryti pirmuoju – tiesioginio sprendinių palyginimo – būdu.

Kai kompromisinį sprendinį tenka priimti tik vieną kartą jau nebe pasikartosiančioje situacijoje, charakterizuojamoje, palyginti, nedidele Pareto aibe, ir priimtasis sprendinys yra svarbus tik pačiam sprendimą priimančiam asmeniui, tai dažniausiai būna kaip tik atvirkščiai: tiesioginiu būdu sprendinys pasirenkamas lengviau bei greičiau, o be to taip pasirinktas sprendinys dažniausiai atrodo ne tik ne blogesnis, o kartais – net šiek tiek geresnis, negu būtume pasirinkę antruoju – netiesioginiu – būdu. Tai natūralu ir lengvai paaiškinama: tiesioginis pačių galimų sprendinių, sudarančių nedidelę Pareto aibę, palyginimas ir vertinimas, bandant išsirinkti patį tinkamiausią, leidžia pilniau ir tiksliau atsižvelgti į eilę konkrečių aplinkybių, svarbių sprendimą priimančiam asmeniui, negu tai būtų buvę galima padaryti, lyginant ir vertinant ne pačius sprendinius, o skirtingas tų sprendinių efektyvumo rodiklių svarbos įverčių reikšmes bei iš tų rodiklių gana voliuntaristiškai sukonstruotų kompleksinių optimalumo rodiklių reikšmes.

Tačiau tais atvejais, kai Pareto aibė yra, palyginti, didelė bei sudėtinga, o situacija, kurioje tenka priimti kompromisinį sprendinį, gali kartotis tomis pačiomis arba beveik tomis pačiomis aplinkybėmis ir priimamas sprendinys yra svarbus ne tik tą sprendinį priimančiam asmeniui, bet ir platesniam asmenų ratui, kurių interesai gali būti šiek tiek skirtingi, neretai gali atsitikti ir taip, kad po pakankamai išsamaus ir įvairiapusiško kolektyvinio apsvaistymo grupei ekspertų pavyksta tą situaciją charakterizuojantiems efektyvumo rodikliams taip vykusiai parinkti tų rodiklių svarbą atspindinčius „svorinius“ koeficientus bei laipsnių rodiklius ir taip sukonstruoti tuos rodiklius agreguojantį kompleksinį optimalumo rodiklį W , kad jo reikšmė pakankamai adekvačiai išreikštų tuo rodikliu vertinamų Pareto aibei priklausančių kompromisinių sprendinių vertę. Tuomet kompleksinio optimalumo rodiklio panaudojimas yra tikslingas ir naudingas, nes supaprastina Pareto aibei priklausančių didelio skaičiaus galimų sprendinių įvertinimą bei palyginimą ir leidžia išsirinkti tokį kompromisinį sprendinį, kuris daugumai suinteresuotų asmenų atrodytų ne blogesnis už bet kurį kitą galimą sprendinį, o kai kuriems iš tų asmenų – net pats geriausias.

Iš čia pateiktų samprotavimų išplaukia, jog vykusiai sukonstruotu kompleksiniu optimalumo rodikliu, sprendžiant daugiakriterijinius optimizavimo uždavinius, galima naudotis, tačiau nereikia tokio rodiklio reikšmės apskaičiavimo formulių absoliutizuoti bei fetišizuoti, o kiekvieną kartą, prieš jas taikant, reikia prisiminti apie subjektyvią tų formulių prigimtį ir panagrinėti, ar ta formulė šiuo konkrečiu atveju pakankamai adekvačiai atspindi tą situaciją, kurioje bus priimamas kompromisinis sprendinys.

Kadangi nėra vienas iš būdų, kuriais naudojamosi sprendžiant daugiakriterijinius optimizavimo uždavinius, nėra nei pakankamai tobulas, nei pakankamai universalus, tai tų būdų yra gana daug.

Kartais taikomas ir toks daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio suvedimo į vienakriterijinį metodas, kada iš kelių nepriklausomų efektyvumo rodiklių išsirenkamas vienas, sprendimą priimančiam asmeniui (ar grupei kvalifikuotų ekspertų) atrodantis pačiu svarbiausiu, ir jam priskiriamas optimalumo rodiklio vaidmuo, o visiems kitiems efektyvumo rodikliams ekspertiniu būdu nustatomos atitinkamos ribinės reikšmės, kurioms suteikiamas optimizavimo uždavinio papildomų apribojimų statusas. Po to ieškomas toks vienakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendinys, kuris, tenkindamas sąlygą, jog visų efektyvumo rodiklių, netapusių optimalumo rodikliu, reikšmės nebūtų blogesnės už nustatytas ribines jų reikšmes, optimizuotų pasirinkto optimalumo rodiklio reikšmę.

Tais atvejais, kai abejojama, ar teisingai buvo išsirinktas optimalumo rodiklis, o taip pat, kai kyla abejonių, ar pakankamai racionaliai buvo pasirinktos kitų efektyvumo rodiklių ribinės reikšmės, sudaromi keli šiek tiek skirtingi priimtini daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio matematiniai modeliai ir surandami juos atitinkantys keli kompromisiniai sprendiniai, o po to tie sprendiniai lyginami ir išsirenkamas labiausiai priimtinas variantas.

Vertas dėmesio ir toks **daugiažingsnis daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendimo algoritmas**, kurį būtų galima pavadinti **kompromisinių sprendinių priimtinių variacijų nagrinėjimo ir tobulinimo daugiažingsniu algoritmu**.

Kadangi optimumo taškų aplinkoje optimizuojamos kompleksinės tikslo funkcijos dalinių išvestinių reikšmės turėtų būti artimos nuliui ir todėl tos funkcijos reikšmė optimumo taško aplinkoje dažniausiai turėtų keistis palyginti lėtai, tai šis algoritmas turėtų leisti, nežymiai keičiant efektyvumo rodiklių reikšmes jų optimumo taškų aplinkoje, rasti tokį kompromisinį sprendinį, kuris būtų pakankamai priimtinas bent jau daugumos efektyvumo rodiklių atžvilgiu.

Aprašysiu šio variacijų optimumo taškų aplinkoje taikymo algoritmo etapus (žingsnius), laikydamas, kad, dar prieš pradedant taikyti šį algoritmą, visi nepriklausomi efektyvumo rodikliai jau turi būti išrikiuoti jų svarbos mažėjimo tvarka. Todėl toliau mes laikysime, jog efektyvumo rodiklis F_1 yra ne mažiau svarbus už efektyvumo rodiklį F_2 , o pastarasis – už F_3 ir t. t.

Pirmame šio algoritmo taikymo etape optimalumo rodikliu pasirenkamas pats svarbiausias efektyvumo rodiklis F_1 ir sprendžiamas atitinkamas optimizavimo uždavinys, neatsižvelgiant į kitų efektyvumo rodiklių reikšmes. Suradus optimalias valdomųjų kintamųjų $x_1, x_2, \dots, x_n$ reikšmes, apskaičiuojama optimali optimalumo rodiklio F_1 reikšmė $F_1^{(opt)}$, o taip pat apskaičiuojamos ir kitų efektyvumo rodiklių $F_2, F_3, \dots, F_S, \dots, F_V$ reikšmės, atitinkančios surastas optimalias valdomųjų kintamųjų $x_1, x_2, \dots, x_n$ ir duotąsias (ar prognozuojamas) nevaldomųjų kintamųjų $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$ reikšmes.

Aprašymo paprastumo dėlei priimsime, kad visi optimizavimo uždaviniai, taikant čia aprašomą algoritmą, yra minimizavimo uždaviniai, ir todėl $F_1^{(opt)} = F_1^{(min)}$. Jei rodiklio F_1 (ar bet kurio kito rodiklio F_S) reikšmę reikėtų ne minimizuoti, o maksimizuoti, tai, pakeitę optimalumo rodiklį į rodiklį su priešingu ženklu, maksimizavimo uždavinį suvestume į minimizavimo uždavinį. Reikalui esant, galėtume pasielgti ir atvirkščiai – minimizavimą suvesti į maksimizavimą.

Suradę $F_1^{(opt)} = F_1^{(min)}$, bandome išsiaiškinti, ar galėtų reikšmingai pagerėti efektyvumo rodiklio F_2 reikšmė, atitinkanti pirmajame algoritmo taikymo etape surastą optimalų sprendinį, jei mes pasitenkintume ne pačia mažiausia rodiklio F_1 reikšme, o truputį didesne, tenkinančia apribojimą $F_1 \leq F_1^{(min)} + \Delta F_1$.

Vienas iš būdų gauti atsakymą į šį klausimą yra naujo optimizavimo uždavinio sprendimas antrajame aprašomo algoritmo taikymo etape. Naujo minimizavimo uždavinio optimalumo rodikliu pasirenkamas efektyvumo rodiklis F_2 (arba rodiklis, gaunamas iš F_2 , pakeitus jo ženklą į priešingą, kai rodiklio F_2 reikšmę reikia ne minimizuoti, o maksimizuoti), o optimizavimo uždavinio, kuris buvo sprendžiamas pirmajame etape, apribojimai papildomi dar vienu apribojimu $F_1 \leq F_1^{(min)} + \Delta F_1$, kur ΔF_1 yra teigiamas mažas dydis, lygus tokiam didžiausiam leistinam rodiklio F_1 reikšmės nuokrypiui nuo pirmajame šio algoritmo taikymo etape rastos optimalios reikšmės $F_1^{(min)}$, su kuriuo dar galėtų sutikti daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio kompromisinio sprendinio paieškos užsakovas – to sprendinio būsimasis „vartotojas“.

Išsprendę antrąjį vienakriterijinį optimizavimo uždavinį ir suradę rodiklio F_2 optimalią reikšmę $F_2^{(opt)} = F_2^{(min)}$, lyginame tą reikšmę su rodiklio F_2 reikšme, apskaičiuota išsprendus pirmąjį vienakriterijinį optimizavimo uždavinį pirmajame aprašomo algoritmo taikymo etape. Jei antrajame etape surastoji optimali rodiklio F_2 reikšmė yra geresnė už pirmajame etape apskaičiuotą to rodiklio reikšmę ir tas pagerėjimas yra vertingesnis už rodiklio F_1 reikšmės pablogėjimą, pereinant nuo $F_1^{(min)}$ prie jo naujos reikšmės $F_1 \leq F_1^{(min)} + \Delta F_1$, tai galima pabandyti, dar šiek tiek pakeitus ΔF_1 reikšmę, paieškoti dar naudingesnio rodiklio F_2 reikšmės pagerėjimo varianto ir po to pereiti į trečiąjį šio algoritmo taikymo etapą, kuriame, priėmus papildomus apribojimus $F_1 \leq F_1^{(min)} + \Delta F_1$ ir $F_2 \leq F_2^{(min)} + \Delta F_2$, ieškoti optimalios rodiklio F_3 reikšmės bei bandyti dar šiek pagerinti turimą kompromisinį sprendinį, po to pereiti į analogišką ketvirtąjį etapą ir t. t.

Jei antrajame etape surastoji optimali rodiklio F_2 reikšmė yra blogesnė už pirmajame etape apskaičiuotą to rodiklio reikšmę (nors ir retai, tačiau kartais gali ir taip atsitikti) arba jei rodiklio F_2 reikšmės pagerėjimas, pereinant nuo pirmojo prie antrojo etapo, nepadengia rodiklio F_1 reikšmės pablogėjimo, pereinant nuo $F_1^{(opt)} = F_1^{(min)}$ prie $F_1 \leq F_1^{(min)} + \Delta F_1$, tai antrojo etapo pabaigoje grįžtame prie pirmajame etape apskaičiuotų rodiklių F_1 ir F_2 reikšmių ir pereinama į trečiąjį etapą, kuriame bandoma optimizuoti rodiklio F_3 reikšmę rodiklių F_1 ir F_2 reikšmių nedidelio pabloginimo sąskaita, stengiantis gauti bendrą kompromisinio sprendinio pagerėjimą ir t. t.

Tešiant analogiškus bandymus, varijuojant rodiklius $F_1, F_2, \dots, F_S, \dots, F_V$ nedidelių pokyčių $\Delta F_1, \Delta F_2, \dots, \Delta F_S, \Delta F_{S+1}, \dots$ reikšmėmis, daugelyje atvejų galima gauti vis gerėjančių kompromisinių sprendinių seką. Tai išplaukia iš tos aplinkybės, kad efektyvumo rodiklių $F_1, F_2, \dots, F_S, \dots, F_V$ optimalių reikšmių aplinkoje tos reikšmės, keičiantis valdomųjų kintamųjų $x_1, x_2, \dots, x_n$ reikšmėms, daugumoje atvejų keičiasi palyginti lėtai, o todėl, daugelyje atvejų tampa įmanoma, nežymiai pabloginant efektyvumo rodiklių $F_1, F_2, \dots, F_S$ optimalias reikšmes, pagerinti rodiklius $F_2, F_3, \dots$,

F_{S+1} reikšmės ir tokiu būdu žingsnis po žingsnio gerinti kompromisinį daugiakriterijinio optimizavimo uždavinio sprendinį.

Dar vieną kompromisinio sprendinio išsirinkimo iš Pareto aibės būdą galima gauti **naudojantis ekspertiniu būdu nustatomais kontroliniais skaičiais – kritinėmis efektyvumo rodiklių reikšmėmis $F_1^*, F_2^*, \dots, F_S^*, \dots, F_V^*$.**

Šio metodo esmę paaiškinsiu pasinaudodamas pavyzdžiu, kuriame pageidautina kiek galima daugiau didinti kiekvieno iš efektyvumo rodiklių $F_1, F_2, \dots, F_S, \dots, F_V$ reikšmę. Į tokį uždavinį, atitinkamai pakeitus kai kurių efektyvumo rodiklių reikšmių ženklus, galima suvesti kiekvieną daugiakriterijinį optimizavimo uždavinį.

Tarkime, jog ekspertai (ar optimizavimo uždavinio užsakovas) nustatė kritines (mažiausias dar leistinas) efektyvumo rodiklių reikšmes $F_1^*, F_2^*, \dots, F_S^*, \dots, F_V^*$. Tai reiškia, jog mūsų ieškomas labiausiai pageidautinas kompromisinis sprendinys $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, esant duotai (ar prognozuojamai) nevaldomųjų kintamųjų vektoriui $\bar{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$ reikšmei, turi kiekvienai s reikšmei $1, 2, \dots, v$ tenkinti apribojimus $F_s(\bar{x}, \bar{\omega}) \geq F_s^*$. Savaime suprantama, kad norėtusi rasti tokią vektorių $\bar{x}$ reikšmę, kuri

leistų gauti kiek įmanoma didesnes santykių $\frac{F_s(\bar{x}, \bar{\omega})}{F_s^*}$ reikšmes, todėl šio optimizavimo

uždavinio tikslo funkcija $F(\bar{x}, \bar{\omega})$, kurios reikšmę reikėtų maksimizuoti, galima pasirinkti minimalią to santykio reikšmę, t. y. spręsti maksimizavimo uždavinį $\max_{\bar{x}} F(\bar{x}, \bar{\omega}) = \max_{\bar{x}} \min_s \frac{F_s(\bar{x}, \bar{\omega})}{F_s^*}$, esant apribojimams $\forall_s [F_s(\bar{x}, \bar{\omega}) \geq F_s^*]$. Spręsdami tokį

vienakriterijinį optimizavimo uždavinį, mes maksimizuotume to efektyvumo rodiklio $F_s(\bar{x}, \bar{\omega})$ reikšmę, kuri santykinai yra blogiausia, t. y. mažiausiai kartų viršija kritinę (mažiausią dar leistiną) savo reikšmę F_s^* .

Kai funkcijos $F_s(\bar{x}, \bar{\omega})$, vaizduojančios efektyvumo rodiklių priklausomybę nuo valdomųjų kintamųjų vektoriui $\bar{x}$, yra tiesinės ir kiti galimi tų kintamųjų apribojimai yra tiesiniai, tai, kaip jau matėme 1.15.2.7. skyrelyje, tokį netiesinį optimizavimo uždavinį, įsivedant papildomą kintamąjį $z = \min_s \frac{F_s(\bar{x}, \bar{\omega})}{F_s^*}$ ir tikslo funkciją $z \rightarrow \max_{\bar{x}}$,

galima suvesti į tiesinį, nes apribojimai $F_s(\bar{x}, \bar{\omega}) \geq F_s^*$ tuomet susiveda taip pat į tiesinius apribojimus $F_s(\bar{x}, \bar{\omega}) \geq F_s^* z$. O tai reiškia, jog šiuo atveju daugiakriterijinį optimizavimo uždavinį galima spręsti, naudojantis simplekso algoritmu.

Baigdamas šį skyrelį, norėčiau atkreipti skaitytojo dėmesį į tai, kad **šiuo skyrelyje nagrinėtas neapibrėžtumas, atsirandantis bandant išsirinkti labiausiai tinkamą kompromisinį sprendinį, charakterizuojamą kelių efektyvumo rodiklių reikšmėmis, skiriasi nuo ankstesniuose skyreliuose nagrinėto neapibrėžtumo, atsirandančio dėl išorinių faktorių dabartinių ar būsimų reikšmių nežinojimo bei neapibrėžtumo.** Šiuo skyrelyje nagrinėjamo neapibrėžtumo sumažinimui bei panaikinimui nepakanka gauti papildomos informacijos iš išorės. Reikalingas dar ir asmeninis (ar grupinis) vidinis apsisprendimas, subjektyviai vertinant galimas alternatyvas ir pasirenkant tą, kuri pasirenkančiam asmeniui ar tam tikrai grupei asmenų atrodytų geriausia. Toks asmeninis (ar grupės asmenų) apsisprendimas šiame skyrelyje nagrinėjamaisiais atvejais, formuluojant optimizavimo tikslus, yra būtinas, o tokio apsisprendimo nebuvimas arba jo priėmimo neleistinai ilgas uždelsimas dažnai iššaukia net blogesnes pasekmes negu nepakankamai tobulo kompromisinio sprendimo

pasirinkimas. Neveltui sakoma, kad jei bandysi iškart vytis keletą į skirtingas puses bėgančių kiškių, tai nepagausi nė vieno. Net visais atžvilgiais puiki, bet labai išranki panelė, kuri labai ilgai negali išsirinkti sau būsimą vyrą iš didelio būrio savo širdį ir ranką siūlančių jaunikaičių, kartais taip ir lieka netekėjusi. Juk kelių tarpusavy nesuderinamų nepriklausomų kintamųjų optimalios reikšmės vienu metu, kaip taisyklė, pasiektos būti negali. Siekti, kad tokiu atveju viskas vienu metu būtų optimalu, reiškia – siekti neįmanomo. Reikia išmokti rasti kompromisą ir laiku priimti tinkamo pasirinkimo sprendimą. Tai nelengva, ypač jaunystėje, kai taip norisi, kad viskas būtų idealu, ir vis dar tikima, jog tai gali būti pasiekama. Teisus yra poetas Juozas Macevičius savo labai nuoširdžiam eilėraštyje – laiške vaikystės ir jaunystės draugui – sakydamas: „Nelengva būt realistu“.

1.16.3. Ekspertiniai įverčiai. Ekspertinės sistemos. Dirbtinis intelektas

1.16.3.1. Objektyvūs ir subjektyvūs įverčiai. Žmogus kaip gana universalus „matavimo prietaisas“

Nagrinėdami optimizavimo uždavinius mes jau ne vieną kartą buvome susidūrę su skirtingomis įverčių rūšimis: su objektyviais ir su subjektyviais įverčiais. Su objektyviais įverčiais mes buvome susidūrę ne tik 1.15. skyriuje, bet ir eilėje kitų šios mokymo priemonės skyrių, o su subjektyviais įverčiais – 1.16.2.6. skyrelyje, nagrinėdami daugiakriterijinius optimizavimo uždavinius.

Objektyvius įverčius priimta skirstyti į pirminius ir išvestinius. **Pirminiai objektyvūs įverčiai** gaunami **skaičiuojant** kokius tai daiktus ar įvykius, nustatant jų skaičių bei jų vietą eilėse ar kitose struktūrose, o taip pat **matuojant** kokių nors dydžių reikšmes kokiais nors prietaisais ir išreiškiant tuos dydžius atitinkamais visuotinai pripažintais standartiniais matavimo vienetais. Tokiais matavimo prietaisais gali būti: liniuotė bei ruletė, graduotos standartinių ilgio vienetų, atitinkančių priimtus etalonus, atžymomis; svarstyklės su standartinių svorsčių rinkiniu; dinamometras; menzūra; termometras; voltmetras; ampermetras; vandens ar elektros skaitiklis; fotometras; laikrodis ir t. t. Įvairių fizikinių dydžių matavimo sistemas mes jau esame nagrinėję 1.10.8. skyrelyje ir žinome apie standartinių matavimo vienetų etalonus, todėl apie tai čia jau nebekalbėsime.

Išvestiniai objektyvūs įverčiai gaunami iš pirminių objektyvių įverčių kaip tam tikrų matematinių operacijų su pastaraisiais rezultatas. Vieną kartą gauti objektyvūs išvestiniai įverčiai gali būti panaudoti kartu su pirminiais objektyviais įverčiais arba ir be jų naujų objektyvių išvestinių įverčių gavimui. Objektyvių išvestinių įverčių pavyzdžiais gali būti: kokio nors lauko plotas; kokio nors kūno tūris, gautas remiantis visų trijų jo matmenų išmatavimo įverčiais; šilumos kiekis, gautas remiantis išmatuota kūno temperatūra, jo mase bei jo medžiagos lyginamąja šilumine talpa ir pan.

Kai kurie pirminiai ir išvestiniai objektyvūs įverčiai dėl savo pastovumo pripažįstami **konstantomis** ir plačiai vartojami įvairiuose skaičiavimuose, išvedant naujus išvestinius įverčius bei jų apskaičiavimo formules. Konstantos, kurios gali būti gautos vien skaičiavimais, vadinamos matematinėmis, o tos konstantos, kurios nustatomos matavimais – „fizikinėmis“.* Matematinių konstantų pavyzdžiai:

* Žodį „fizikinės“ rašau kabutėse, nes „fizikinės“ konstantos gali būti ne tik fizikinės, bet ir astronominės, cheminės, biologinės ir pan. kilmės. Todėl čia žodžio „fizikinė“ prasmė yra platesnė negu žodžio „fizikinė“ be kabučių ir reiškia „nustatyta matuojant“.

apskritimo ilgio ir jo skersmens santykis π ; kintamojo skaičiaus $\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ riba

$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$, žymima simboliu e ; „auksinio pjūvio“ santykis $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ ir pan.

„Fizikinių“ konstantų pavyzdžiai: Planko konstanta h ; Bolcmano konstanta k ; elektrono masė m_e ; cheminių elementų atominiai svoriai; medžiagų tankiai bei jų lyginamieji svoriai; astronominės „konstantos“ ir pan. Didžiosios dalies „fizikinių“ konstantų reikšmės išmatuotos tik apytikriai, ir todėl tos reikšmės, tobulėjant matavimo ir skaičiavimo technikai bei metodams, laikas nuo laiko yra tikslinamos. Tačiau absoliučiai tiksli tokių konstantų reikšmė niekada negalės būti nustatyta, nes niekada nepavyks atlikti absoliučiai tikslių matavimų. **Jau pats matavimo procesas įneša atitinkamą neapibrėžtumą į matavimo rezultatą, todėl tam tikras matavimo rezultato neapibrėžtumas, sąlygojamas matavimo paklaidos, niekada negalės būti pilnai eliminuotas.**

Jei įsigilintume į sudėtingų matavimo prietaisų veikimą, tai greitai pastebėtume, kad skirtumas tarp pirminių ir išvestinių objektyvių įverčių neretai būna gana reliatyvus. Juk, pavyzdžiui, ampermetras matuoja elektros srovės stiprį ne tiesiogiai, t. y., neskaičiuoja prabėgusių laidininku per laiko vienetą elektronų skaičiaus, o matuoja nuo tos srovės stiprio vienareikšmiškai priklausančią jėgą, kuri suka su ampermetro rodykle sujungtą rėmelį ir, įveikdama proporcingai didėjančią specialios stangrios spyruoklės pasipriešinimą, atsirandantį tai spyruoklei deformuojantis, pasuka tą rėmelį, o kartu su juo ir ampermetro rodyklę tam tikru kampu, vienareikšmiškai atitinkančiu elektros srovės stiprį, ir todėl ampermetro skalėje matuojamu ne laipsniais ar radianais, bet amperais, miliamperais ar mikroamperais. Taigi, kaip matome, nėra taip paprasta nustatyti, kokius įverčius šiuo atveju laikyti pirminiais: ar tą amperų (miliamperų, mikroamperų) skaičių, kurį rodo ampermetro rodyklė, ar tą jėgą, su kuria elektromagnetinis laukas suka rėmelį, deformuodamas spyruoklę, ar to rėmelio posūkio kampo dydį.

Ir gana dažnai tai nėra net svarbu. Todėl gana dažnai vietoj sąvokų „pirminiai ar išvestiniai objektyvūs įverčiai“ vartojamos tam tikra prasme jas pakeičiančios joms giminingos sąvokos: **„pradiniai duomenys“ ir jų „apdorojimo rezultatai“**. Vartojant šias sąvokas dažniausiai net nekeliamas ir nesprenžiamas klausimas, ar tie pradiniai duomenys buvo pirminiai, ar išvestiniai įverčiai. Mums šiame skyrelyje taip pat bus svarbu tik tai, kad tuos įverčius bus galima laikyti pakankamai objektyviais, t. y. praktiškai nepriklausančiais nuo mūsų nuotaikos, mūsų simpatijų ar antipatijų, nuo mūsų pageidavimų bei vilčių, o atspindinčiais realiaame pasaulyje realiai egzistuojančius objektus bei jame vykstančius procesus. Tuo įsitikinti galima natūriniais eksperimentais: skirtingi subjektai (t. y. skirtingi žmonės), matuodami tų pačių procesų tas pačias charakteristikas, naudodamiesi net skirtingais prietaisais ir skirtingais matavimo metodais gauna tuos pačius ar beveik tuos pačius rezultatus, skirtumai tarp kurių neviršija galimų matavimo paklaidų. Tai reiškia, jog **gauti įverčiai charakterizuoja ne matavimus atliekančius subjektus bei jų naudojamus prietaisus ir metodus**, kaip kartais bando teigti kaip kurių „filosofinių srovių“ atstovai, o tuos objektus ir procesus, kurių charakteristikos matuojamos. Tuo pačiu tokie eksperimentai įrodo, kad **objektyviai egzistuoja mus supantis ir nuo mūsų jausmų bei mūsų įsitikinimų nepriklausantis realus pasaulis**, kuriame vykstančių procesų charakteristikas įmanoma gana tiksliai ir objektyviai išmatuoti, t. y. tą objektyviai egzistuojantį realų pasaulį galima objektyviai pažinti.

Tačiau ne viską ir ne visada pavyksta objektyviai išmatuoti. Mes galime pajusti didesnę ar mažesnę džiaugsmą, stipresnę ar silpnesnę liūdesį bei ilgesį ir pan., bet tokių jausmų objektyviai išmatuoti nemokame: neturime nei atitinkamų prietaisų, nei vienareikšmiškai apibrėžtų jų matavimo vienetų ir net negalime būti pagrįstai įsitikinę, kad tokius subjektyvius reiškinius kaip jausmai iš viso įmanoma objektyviai įvertinti, t. y. įvertinti taip, kad vertinimo rezultatai praktiškai (tiksliau tariant, praktiškai leistinų paklaidų ribose) nepriklausytų nuo vertintojo ir jo naudojamo vertinimo metodo.

Todėl **tokius reiškinius mes galime vertinti ir vertiname tik subjektyviai**, t. y. taip, kaip atrodo mums patiems, negarantuodami, kad mūsų vertinimai būtinai sutaps su kitų subjektų vertinimais. **Tokie įverčiai vadinami subjektyviais.**

Subjektyviais įverčiais naudojamosi ne tik vertinant tokius reiškinius, kurių prigimtis yra subjektyvi ir kuriuos todėl vargu ar įmanoma pilnai suvesti į objektyvius reiškinius ir per juos pirmuosius objektyviai išreikšti ir objektyviai išmatuoti. Subjektyviais įverčiais labai dažnai naudojamosi ir vertinant tokius reiškinius bei santykius, kuriuos būtų galima objektyviai išmatuoti, tačiau šiuo momentu to nėra daroma arba todėl, kad šiuo momentu nėra sąlygų, reikalingų objektyviems įverčiams gauti, arba todėl, kad šiuo momentu pilnai pakanka nors ir mažiau tikslų, bet lengvai gaunamų subjektyvių įverčių. Daugelis negriežtai apibrėžtų sąvokų, charakterizuojančių negriežtai apibrėžtas aibes, lingvistiniai kintamieji ir neapibrėžtumai, apie kuriuos buvo kalbama šios mokymo priemonės 1.16.2. skyrelyje, priklauso subjektyvių įverčių aibe, nes tie įverčiai buvo gauti naudojantis subjektų (šiuo atveju – žmonių) jutimo ir pojūčių vertinimo organais, o ne objektyviais matavimo prietaisais, ir todėl gali priklausyti (ir dažniausiai priklauso) ne tik nuo to, kas yra vertinama, bet ir nuo vertinančio subjekto, jo asmeninės patirties bei nuotaikos dabar, nuo jo asmeninių savybių (jautrumo, polinkių, simpatijų bei antipatijų, interesų, tikslų ir pan.).

Galima ir varta kalbėti apie subjektyviųjų įverčių **subjektyvumo laipsnį**, o taip pat apie tų įverčių **objektyvumo laipsnį**. Subjektyviųjų įverčių subjektyvumo laipsnį laikysime lygų 0, jei to įverčio reikšmė nepriklauso nuo tą įvertį gavusio ir pateikusio subjekto, o priklauso tik nuo to, kas tuo įverčiu buvo vertinama. Tokį įvertį, nors jį suformavo ne koks nors prietaisas, o subjektas, pilnai galima laikyti objektyviu, ir mes toliau jį laikysime kaip tik tokiu. Subjektyvių įverčių, kuriuos galima ir tikslinga laikyti objektyviais, pasitaiko gana daug, nes egzistuoja gana daug reiškinių, kuriuos žmogus, jei jis yra normalioje būsenoje ir nėra suinteresuotas specialiai meluoti, vertina lygiai taip pat, kaip tai vertintų koks nors jokių jausmų ir jokių tikslų neturintis gerai veikiantis prietaisas. Juk, pavyzdžiui, mes galime laikyti objektyviu įverčiu tą rezultatą, kurį gauna žmogus, skaičiuodamas daiktus, sudarančius nedidelę jų aibę, kai jis savo skaičiavimo rezultato specialiai neklatoja. Tą patį galima pasakyti ir apie žmogaus nuskaitytą ir į žurnalą įrašytą kokio nors matavimo prietaiso parodymą. Jei, mesdamiesi į kraštutinumą, atsisakytume pripažinti subjektams galimybę gauti ne tik daugiau ar mažiau subjektyvius, bet ir pilnai objektyvius įverčius, tai mes privalėtume pripažinti, kad visi stebėjimų ir matavimų metu gauti įverčiai, su kuriais operuoja žmonės, yra būtinai tik subjektyvūs. Iš to išplauktų, kad objektyvaus mokslo ne tik nėra, bet ir būti negali. Egzistavo ir egzistuoja tokios filosofų grupės, kurios laikėsi ir laikosi kaip tik tokios kraštutinės nuomonės, tačiau daugumai žmonių neatrodo tikėtina, kad ši kraštutinė nuomonė galėtų būti teisinga. Jau gana ilga žmonijos ir jos vystomo mokslo istorija rodo, kad gamtoje egzistuoja objektyvūs (nuo žmonių valios nepriklausantys) dėsniai ir kad žmonės sugeba, laikui bėgant, vis pilniau tuos dėsnius pažinti ir tuo žinojimu savo labai pasinaudoti. Atrodo **daug labiau tikėtina tai, kad žmonijos sukauptos ir kaupiamos patirties dėka atsiradusio ir besivystančio**

mokslo kuriamas ir tobulinamas pasaulio modelis, vis adekvačiau atspindintis pasaulyje egzistuojančius dėsningumus, yra panašus į savo originalą (t. y. į tą jo modeliuojamą realų objektyviai egzistuojantį pasaulį) ir, laikui bėgant, vis labiau panašėja, o ne tai, kad žmonės susikūrė tokį realaus pasaulio modelį, kuris, vis adekvačiau atspindėdamas to pasaulio dėsningumus, yra visiškai nepanašus į tą realų pasaulį ir net nepanašėja į jį. Pastaroji galimybė virtualiai egzistuoti galėtų, bet neatrodo pakankamai tikėtina, nes nematyti priežasčių, dėl kurių mūsų realiame pasaulyje, kuriame, atrodo, viskas surišta priežastiniais ryšiais, galėtų taip atsitikti. Atrodo daug labiau tikėtina, kad pasaulio modelis, kurį savo patirties ir mokslo dėka žmogus susikuria savo galvoje, yra panašus į objektyviai egzistuojantį realų pasaulį ir, mokslui besivystant, vis labiau į jį panašėja. Jeigu būtų taip, kaip samprotauja jau minėtoji grupelė filosofų – kraštutinių subjektyvistų, tai kodėl nėra taip, kad skirtingą žmonių galvose formuotąsi visiškai skirtingi juos supančio pasaulio modeliai, kurie, kaupiantis žmonių patirčiai ir besivystant mokslui, ne tik nepanašėtų, o vis labiau toltų vienas nuo kito? Juk ir tokia situacija yra virtualiai galima, tačiau dar mažiau tikėtina ir, kaip rodo mūsų planetos gyventojų patirtis, niekur ir niekada mūsų planetoje nebuvo realizuota. Nors filosofai, žinoma, galėtų ginčytis ir šiuo klausimu.

Šie ir daugybė kitų panašių pamąstymų leidžia mums laikytis daugumai žmonių priimtinos ir labiausiai paplitusios nuomonės, kad **objektyvus yra ne tik mus supantis pasaulis, bet ir jo pažinimo procesas bei to proceso galutinis rezultatas, prie kurio tas procesas mus artina.** Įsitikinimas šios nuomonės teisingumu dar labiau sutvirtėtų, jei pažvelgtume į tą procesą visos žmonijos mastu jos evoliucijos istorinėje perspektyvoje, norėdami išsiaiškinti, kaip **subjektyvi atskirų individų momentinė patirtis besintegruodama virsta objektyvia visos žmonijos patirtimi ir jos koncentruota išraiška – mokslu, laipsniškai artėjančiu prie absoliučios tiesos, kuri niekada pilnai pasiekta būti negali.**

Kai kurių subjektyvių įverčių būti objektyviais galimybė, apie kurią jau buvo kalbėta šiame skyrelyje, pateikiant tos galimybės vartimo akivaizdžiu faktu pavyzdžių, ne tik neprieštarauja nuomonei apie pasaulio pažinimo objektyvumą, bet ir rodo, kad ši nuomonė gali būti teisinga (ir, greičiausiai, tokia yra). **Vadovavimasis šia nuomone praktinėje veikloje ir visuose tuose moksluose, kurių išvadas galima patikrinti natūriniais eksperimentais ir gyvenimo praktika, niekada nieko nenuvylė, ir todėl nėra priežasčių keisti šią nuomonę.** Ji sėkmingai tarnavo žmonijai iki šiol ir, tikiuosi, ne mažiau sėkmingai tarnaus ateityje. Iš tos nuomonės išplaukia, kad tarp subjektyvaus ir objektyvaus pažinimo nėra ne tik prieštaros, bet ir kažkokios ypatingos bei neperžengiamos tuos pažinimo būdus skiriančios ribos, kad atskiri momentiniai subjektyvūs pažinimai besiintegruodami gali tapti ir daugumoje atvejų tampa apibendrintu objektyviu pažinimu.

Žinoma, didžioji dalis subjektyvių įverčių, ypač tie, kurių neįmanoma patikrinti objektyviais matavimais, yra daugiau ar mažiau subjektyvus. Subjektyvių įverčių subjektyvumo laipsnis yra, kaip taisyklė, tuo didesnis, kuo subjektyvesnė yra vertinamo reiškinio prigimtis, o taip pat kuo daugiau tas reiškinys susijęs su jį vertinančių subjektų interesais ir jausmais. Kitaip tariant, subjektyviųjų įverčių subjektyvumo lygio kitimo skalė gali būti labai plati: nuo subjektyvumo visiško nebuvimo iki beveik pilno ar net pilno subjektyvumo, kuomet subjektyviame įvertyje objektyvumo, galima sakyti, nebelineka arba beveik nebelineka.

Nereiktų galvoti, kad subjektyviame įvertyje vertinga tik objektyvioji to įverčio dalis, o subjektyvioji jo dalis visada yra bevertė ar net savo rūšies „informacinis triukšmas“, galintis užgožti bei iškreipti tą objektyvią informaciją, kuri galėtų glūdėti tame subjektyviame įvertyje. Žinoma, ne taip retai būna ir taip, kaip buvo čia ką tik

pasakyta. Bet būna ir taip, kad didžiausią vertę mums turi kaip tik subjektyvioji subjektyvaus įverčio dalis, o jos objektyviosios dalies vaidmuo yra antraeilis. Viskas priklauso nuo to, kam, kokių tikslų tie ar kiti subjektyvūs įverčiai yra naudojami bei analizuojami.

Tais atvejais, kai subjektyviais įverčiais mes naudojames norėdami įvertinti tokius objektyvius reiškinius, kurių objektyviai išmatuoti bei įvertinti šiuo metu mes neturime galimybės, subjektyvioji tų įverčių dalis tikrai gali būti laikoma žalingu „triukšmu“, trukdančiu susidaryti tikrai objektyvų nagrinėjamo reiškinio vaizdą (modelį). Norint sumažinti šio „triukšmo“ poveikį ar eliminuoti jį, derėtų padidinti subjektų, teikiančių savo įverčius, skaičių, parenkant tuos subjektus taip, kad jie atstovautų įvairių interesų bei įvairių specialistų grupes ir kad tarp jų būtų ir labai gerai žinančių vertinamąjį reiškinį, ir tokių, kurie sugebėtų pažvelgti į tą reiškinį visiškai iš kitos pusės nei dauguma, bei taikyti specialius individualių įverčių surinkimo ir apdorojimo metodus. Tokias specialiai sudarytas vertinančių subjektų grupes priimta vadinti **ekspertų grupėmis**, o jų pateiktus įverčius – **ekspertiniais įverčiais**.

Apie ekspertinius įverčius ir jų gavimo bei apdorojimo metodus, leidžiančius juos surinkti ir apibendrinti bei padaryti iš jų tokias išvadas, kurių objektyvumo lygis būtų didesnis už tą objektyvumo lygį, kuris galėtų būti atskiruose subjektyviuose įverčiuose, mes kaip tik ir kalbėsime artimiausiame skyrelyje, todėl čia šitos temos nebeplėtosiu.

Visai kitą situaciją turėsime, kai mus domins ne tik ir ne tiek koks nors objektyvus reiškinys, kiek visuomenės ar tų bei kitų jos sluoksnių nuomonė apie tą reiškinį. **Juk ta subjektyvi nuomonė irgi objektyviai egzistuoja ir gali mus dominti, tuo labiau kad individualios atskirų individų subjektyvios nuomonės, besisumuodamos, besiintegruodamos ir viena kitą papildydamos bei pastiprindamos, gali tapti rimtu faktoriumi ar net galinga jėga, su kuo nesiskaityti būtų neprotinga ar net pavojinga, o tą nuomonę žinoti ir daryti iš jos išplaukiančias išvadas bet kuriuo atveju būtų naudinga.**

Iš to, kas čia pasakyta, išplaukia, kad neretai **mus gali dominti kaip tik subjektyvioji subjektyvių įverčių dalis**. Ir reikia mokėti taip paklausti tiriamus subjektus, taip sudaryti apklausos anketas, kad, neprimetant apklausiamiesiems išankstinės savo nuomonės, gauti iš jų kuo daugiau ir kuo objektyvesnės subjektyvios informacijos apie jų subjektyvias nuomones.

Nors žodžių junginys „**kuo objektyvesnė subjektyvi informacija apie subjektų subjektyvią nuomonę**“ skamba šiek tiek paradoksaliai, tačiau jis turi prasmę ir reiškia **labai svarbią ir naudingą informacijos rūšį – kuo objektyvesnę informaciją apie visuomenėje bei tuose ar kituose jos sluoksniuose objektyviai egzistuojančias subjektyvias nuomones, nuotaikas, pageidavimus, tų ar kitų įvykių bei asmenybių vertinimus, jų reitingus ir pan.**

Apie tokios informacijos svarbą, jos rinkimą, apdorojimą ir panaudojimą organizacijų ir valstybių valdyme kalbama specialiame šių eilučių autoriaus parengtame kurse, skirtame **organizacijų valdymo sistemoms ir procesams, jų projektavimui ir automatizavimui**.

Tame kurse nagrinėjama ir kita svarbi problema, surišta su subjektyviais įverčiais – **subjektyvių nuomonių formavimas bei formavimasis ir jų vaidmuo visuomenės gyvenime ir jos valdyme**, tame tarpe ir tokie reiškiniai kaip reklama, agitacija, charizmatinis elgesys ir pan. Todėl čia, šiame skyrelyje, visų šių įdomių ir svarbių reiškinių nenagrinėsime. Susidomėjusiam šiais klausimais skaitytojui rekomenduoju [16, 27].

Jau iš to, kas buvo šiame skyrelyje pasakyta apie subjektyvius įverčius, galima padaryti išvada, **kad naudingos informacijos gavimo aspektu į žmogų galima žiūrėti kaip į labai universalų naudingos informacijos gavimo „prietaisą“, galintį „matuoti“ ir vertinti ne tik tai, kas matuojama įvairiais techniniais prietaisais, bet ir tai, ko šiandien mes jokiais techniniais prietaisais išmatuoti nesugebame.**

Prisimindami tai, kad žmogus turi ne tik labai jautrius jutimo organus ir intuiciją, bet dar ir atmintį bei gali mąstyti ir mokytis, gali tobulėti, kaupdamas nuosavą patirtį ir įsisavindamas kitų žmonių sukauptas žinias, mes galime ir privalome padaryti dar vieną labai svarbią išvadą, kad **sujungdami elektroninių ryšių tinklu žmones, matavimo prietaisus ir kompiuterinę techniką į kompleksinę pasaulio pažinimui ir tobulinimui skirtą „kolektyvinio proto“ sistemą, renkančią, vertinančią, apdorojančią ir panaudojančią koncepcinių ir matematinių modelių sudarymui bei eksperimentavimui su jais įvairią objektyvią ir subjektyvią informaciją, mes galėsime emerđencijos reiškinių dėka žymiai padidinti savo galias pasaulio pažinimo ir racionalių sprendimų priėmimo srityse. Tokių sistemų kūrimas jau dabar yra galimas bei reikalingas, o netolimoje ateityje taps būtinas.**

Apie „kolektyvinio proto“ sistemas bus kalbama 1.16.4.3. skyrelyje, o dabar pereisime prie ekspertinių įverčių, apie kuriuos jau buvome pradėję kalbėti šiame skyrelyje, tolimesnio nagrinėjimo.

1.16.3.2. Ekspertiniai įverčiai

Mes jau esame aptarę žmogaus galimybes „matuoti“ ir vertinti įvairių reiškinių ir objektų įvairias charakteristikas, tame tarpe ir tokias, kurių negalime išmatuoti ir įvertinti jokiais techninėmis priemonėmis. **Daugybė tyrimų patvirtina stebinančiai dideles žmogaus galimybes šioje srityje ir leidžia žiūrėti į žmogų (šalia daugybės kitų, nemažiau svarbių, aspektų) kaip į gana universalų informacijos rinkimo, matavimo ir įvertinimo „prietaisą“, galintį, remiantis stebėjimo rezultatais, sukaupia patirtimi, intuicija ir logika, rasti atsakymus į tokius klausimus apie nagrinėjamą reiškinį bei jo tolimesnę ar anksčiau buvusią tėkmę, į kuriuos kitais būdais rasti atsakymus mes šiandien nemokame.**

Iš čia ir atsirado pasinaudojimo žmonių, turinčių didelę patirtį ir daug specialių žinių nagrinėjamoje srityje, nuomonėmis, priimant atsakingus sprendimus, praktika. Tokius žmones priimta vadinti **ekspertais**, o jų pateiktus esamos, būsimos ar buvusios situacijos (tą situaciją charakterizuojančių kiekybinių ir kokybinių rodiklių reikšmių) vertinimus (įverčius) – **ekspertiniais įverčiais**.

Iš to, kas buvo 1.16.3.1. skyrelyje pasakyta apie žmogaus ir žmonijos vystomą pasaulio pažinimo procesą, jo objektyvumą bei subjektyvumą, išplaukia, kad kiekviename ekspertiniame įvertyje, kuris susiformuoja žmogaus (eksperto) galvoje, egzistuoja jo objektyvioji dalis, atspindinti nagrinėjamąjį reiškinį ir iššaukta to reiškinio objektyviomis savybėmis, ir jo subjektyvioji dalis, atspindinti eksperto asmeninį santykį, su tuo reiškinio, išplaukiantį iš eksperto asmeninės patirties, jo asmeninių savybių, jo įsitikinimų, jo vertybių skalės.

Ekspertiniuose įverčiuose mus dažniausiai domina objektyvioji tų įverčių dalis. Todėl atsiranda reikiamybė mokėti ją išskirti, atskiriant nuo subjektyviosios dalies, kuri kartais būna kenksmingas „triukšmas“, tačiau kartais gali būti ir labai vertinga informacija.

Kadangi konkretus ekspertas dėl savo individualių savybių kartais gali nepastebėti kai kurių nagrinėjamo reiškinio ypatumų ar nepakankamai objektyviai juos įvertinti, tai, norėdami gauti išsamesnę, visapusiškesnę ir objektyvesnę informaciją

apie mus dominantį reiškinį, mes dažniausiai stengiamės naudotis ne vieno, o kelių ekspertų nuomonėmis, keliais to paties reiškinio ekspertiniais įverčiais.

Formuojant **ekspertų kolektyvą** ekspertus stengiamasi parinkti taip, kad tas kolektyvas būtų kuo visapusiškesnis, t. y. kad iš ekspertų pateiktų įverčių, juos atitinkamai surinkus ir atitinkamai apdorojus, būtų galima susidaryti kuo tikslesnį, kuo pilnesnį ir todėl kuo objektyvesnį mus dominančio reiškinio modelį, leidžiantį gauti atsakymus į mus dominančius klausimus.

Kai ekspertiniai įverčiai suformuoti nepriklausomai (apie tai turi specialiai pasirūpinti tuos įverčius renkantis asmuo ar institucija), **į kelių ar keliolikos ekspertų pateiktus vieno ir to paties reiškinio įverčius galima žiūrėti kaip į kelių ar keliolikos vieno ir to paties dydžio nepriklausomų matavimų rezultatus**, kuriuose subjektyviosios tų įverčių dalys sudaro savo rūšies „atsitiktines matavimo paklaidas“, o objektyviosios ekspertinių įverčių dalys, būdamos beveik vienodos, gali būti panaudotos nagrinėjamo reiškinio modelio, artimo pačiam nagrinėjamam reiškiniui, sudarymui. **Todėl ekspertinių įverčių apdorojimui, norint atskirti objektyviają ir subjektyviają tų įverčių sudėtinę dalis ir suformuoti bendrąjį pakankamai objektyvų nagrinėjamo reiškinio informacinį modelį, galima taikyti matematinės statistikos metodus.**

Tačiau toks ekspertinių įverčių apdorojimo būdas, galintis pasinaudoti gerai išvystytu matematinės statistikos aparatu, susiduria su eile sunkumų ir turi eilę trūkumų.

Visų pirma gana dažnai, norėdami išspręsti kokį nors specifinį klausimą, susiduriame su tuo, jog sunku, o kartais ir neįmanoma surasti tiek kompetentingų ir nepriklausomų ekspertų (ir gauti iš jų įverčius), kad būtų galima pakankamai pagrįstai taikyti matematinės statistikos metodus.

Antras trūkumas: statistiškai apdorodami ekspertinius įverčius, mes fiksuojame tik tą tų įverčių dalį, kuri pasitaiko daugumoje tų įverčių. Ši informacija, bent jau didžioji jos dalis, dažniausiai būna žinoma dar iki ekspertų apklausos ir todėl nebūna labai vertinga. O štai kai kurios ekspertų prognozės, nesutampančios su daugumos kitų ekspertų prognozėmis, neretai pasirodo buvusios „pranašišškai“ teisingomis, tačiau į jas nebuvo atsižvelgta, nes tų „pranašišku“ prognozių nepalaikė dauguma mažiau „toliaregiškų“ ekspertų ir todėl visų įverčių vidurkis buvo tolimas nuo „pranašiško įverčio“.

Šio – antrojo – trūkumo poveikį galima šiek tiek sušvelninti, įvedant ekspertų „svorius“ ir juos reguliariai tikslinant, atsižvelgiant į tai, kurių ekspertų įverčiai dažniausiai pasirodydavo tikslesni, o kurių – gana netikslūs ar net visai klaidingi. Tokia **pastoviai „besimokanti“ „svorinė“ ekspertų įverčių statistinio apdorojimo sistema ilgainiui gali tapti gana efektyvi.**

Dar vienas antrojo trūkumo poveikio švelninimo būdas – ekspertinių įverčių, ryškiai nesutampančių su daugumos nuomone, papildoma analizė: įverčių, kurie ryškiai nesutampa su daugumos nuomone, autoriams pranešama apie tą nesutapimą ir prašoma jų pabandyti pagrįsti išskirtinę savo nuomonę bendrame visų ekspertų susitikime. Po tokio susitikimo visų ekspertų įverčiai surenkami dar kartą. Čia galimi du atvejai: a) išskirtinių įverčių autoriai nusprendžia pakoreguoti savo įverčius, priartindami juos prie daugumos nuomonės; b) išskirtinių įverčių autoriai, sužinoję apie savo įverčių išskirtinumą, pasilieka prie savo nuomonės ir ją pakankamai rimtai pagrindžia, paveikdami kitų ekspertų nuomonę ir jų įverčius. Atveju „a“ antrą kartą pateiktų įverčių „svorinis“ vidurkis apskaičiuojamas šiek tiek sumažinant išskirtinių įverčių autorių iki tol buvusius svorius, o atveju „b“ išskirtinių įverčių autorių „svoriai“ padidinami.

Jungiant pirmąjį ir antrąjį antrojo trūkumo švelninimo būdus, ilgainiui galima pasiekti visai neblogų rezultatų. Patirtis rodo, kad **reikalavimas, jog ekspertai paašikintų, kaip ir kodėl jie pasirinko tokius, o ne kitokius įverčius, reikšmingai padeda gerinti ekspertinių įverčių kokybę bei kelti ekspertų kvalifikaciją.**

Žinodami objektyviąją įverčio dalį, jau galime išskirti ir subjektyviąją vienetinio analogiško subjektyvaus įverčio dalį, suteikiančią nemažai informacijos apie tą įvertį pateikusių subjektą. Ta informacija galima pasinaudoti, kai domimasi ne tiek vertinamais reiškiniiais, kiek tuos reiškinius vertinančiais subjektais, jų asmenine nuomone apie tuos reiškinius.

Ekspertinių įverčių objektyviosios dalies nustatymo metodais ypatingai plačiai naudojamosi ilgalaikėse ekonominių bei socialinių procesų raidos prognozėse, o taip pat mokslinio bei techninio progreso prognozėse. Tokioms prognozėms jau nebepakanka regresinės analizės ir laiko eilučių ekstrapoliavimo metodų, apie kuriuos buvo kalbėta 1.14.12.3.1. ir 1.14.12.3.2. skyreliuose, nes **pastarieji gali būti efektyviai taikomi tik evoliucinių procesų trumpalaikėms prognozėms, t. y. tik tokiais atvejais, kai su pakankamai didele tikimybe galima tikėtis, kad per tą laiko intervalą, kurį atitinka prognozavimo horizontas, neįvyks jokių reikšmingų ir netikėtų staigių didelių pokyčių, dėl kurių galėtų reikšmingai pasikeisti nusistovėjusios proporcijos tarp prognozuojamąjį procesą įtakančių faktorių ir todėl galėtų reikšmingai pasikeisti prognozuojamo proceso evoliucijos tendencijos bei tos evoliucijos tempai. Ilgalaikės prognozės kaip tik tuo ir skiriasi nuo trumpalaikių, kad jų prognozavimo horizontai atitinka tokius laiko intervalus, kuriuose vyksta ne tik evoliuciniai procesai, bet gali įvykti ir ypatingi įvykiai, turintys prognozuojamiems procesams revoliucinę reikšmę ta prasme, kad tie įvykiai gali pakeisti prognozuojamų procesų eigą ne tik kiekybiškai, bet ir kokybiškai, reikšmingai pakeisdami ne tik tų procesų matematinių modelių parametrų reikšmes, bet ir tų modelių struktūras.** O tai reiškia, kad matematiniai modeliai, sudaryti nagrinėjant laiko eilutes, charakterizuojančias praėjusio laiko intervalus, šiuo atveju jau nebegali pakankamai adekvačiai aprašyti įvykių ir procesų, įvyksiančių bei vykstančių dar tik ateinančiuose laiko intervaluose, kuriuose gali įvykti ir ypatingi įvykiai.

Kadangi naujų idėjų ir jų iškilimo bei paplitimo iššauktų revoliucinių įvykių, charakterizuojančių mokslo ir technikos progresą bei pokyčius ekonomikoje ir socialinėje politikoje, šaltinis yra žmonės bei jų vykdoma veikla, tai natūralu, kad norint prognozuoti galimus revoliucinius įvykius mokslo ir technikos vystymesi bei ekonomikoje ir socialinėje politikoje, yra tikslinga išklausti nuomonę ir prognozes tų žmonių, kurie dalyvauja ir dalyvaus prognozuojamuose procesuose, juos akylai stebi ir turi pakankamai daug žinių ir patirties, kad galėtų pakankamai tiksliai nuspėti prognozuojamųjų procesų eigą ir galimus būsimus įvykius, galinčius turėti revoliucinę reikšmę tiems procesams. Tokie žmonės ir parenkami mokslo ir technikos progreso bei ekonominių ir socialinių procesų eigos **prognozavimo ekspertais.**

Atsižvelgiant į tai, kad ekspertų, galinčių pakankamai giliai ir pakankamai plačiai pažvelgti į sudėtingus procesus, vykstančius moksle, technikoje, ekonomikoje ir visuomenėje, yra labai nedaug, o taip pat į kiekvieno tokio eksperto psichologines ypatybes, jų subjektyvias filosofines bei politines pažiūras, į kiekvieno atskiros eksperto žinių ir suvokimo rato neišvengiamą ribotumą, lyginant su nagrinėjamų problemų ir prognozuojamų procesų sudėtingumu, nesunku įsitikinti, kad vertingos ir pakankamai patikimos bei objektyvios informacijos, esančios tokių ekspertų sąmonėje, gavimas, t. y. jos „ištraukimas“, atitinkamai apdorojant ekspertų išreikštas nuomones, yra gana

sudėtingas darbas, reikalaujantis specialių metodų panaudojimo ir vis dėlto negalintis visada garantuoti ekspertinių prognozių absoliutaus patikimumo.

Ekspertinio vertinimo taikymo ilgalaikėse prognozėse metodus galime suskirstyti į individualius ir kolektyvinius (grupinius).

Individualūs ekspertinio vertinimo metodai savo eile skirstomi į „interviu“ tipo metodus ir į analizinius metodus.

„Interviu“ tipo ekspertinio vertinimo metodo taikymas pasireiškia kaip prognozuotojo iniciatyva organizuotas prognozuotojo pokalbis su jo pasirinktu ekspertu. To pokalbio metu prognozuotojas, turėdamas iš anksto susidarytą programą (pokalbio pageidautiną scenarijų su iš anksto suformuluotais svarbiausiais prognozuotojo klausimais, orientuotais į tai, kad prognozuotojas gautų iš eksperto prognozuotojui rūpimą informaciją), kelia ekspertui atitinkamus klausimus, kuriuos jis, gavęs eksperto atsakymus, pokalbio metu, reikalui esant, atitinkamai papildo bei patikslina, siekdamas gauti kuo daugiau prognozuotoją dominančios vertingos ekspertinės informacijos apie prognozuojamų procesų bei įvykių labiausiai tikėtiną eigą bei perspektyvas. Interviu metu gauti ekspertiniai įverčiai, ekspertui leidus, gali būti skelbiami ir panaudojami tiesiogiai arba po atitinkamo redagavimo bei apdorojimo.

Analiziniai individualūs ekspertiniai įverčiai gaunami tada, kai ekspertas savo iniciatyva ar prognozuotojo užsakymu atlieka specialią esamos padėties, jos evoliucijos tendencijų ir galimų tos situacijos vystymosi scenarijų bei galimų analizuojamos sistemos būsenų ateityje tyrimą ir tyrimo rezultatų analizę, pateikdamas pakankamai pagrįstas išvadas apie tai, kaip labiausiai tikėtina galėtų vystytis analizuojami procesai ir kokie ypatingi įvykiai galėtų įvykti.

Analizinės ekspertinės prognozės dažniausiai pateikiamos analizinių apžvalgų, o taip pat nagrinėjamų procesų bei galimų jų vystymosi variantų morfologinės analizės forma.

Analizinės apžvalgos forma pateikta ekspertinė prognozė – tai eksperto individualiai sudaryta prognozuojamo proceso, jo vystymosi tendencijų ir galimų to vystymosi variantų analizinė apžvalga, kurioje ekspertas apžvelgia galimus situacijos raidos variantus ir argumentuotai vertina tų variantų tikimybes bei tų variantų realizavimosi sąlygas ir pasekmes. Tokios apžvalgos gana dažnai kuriamos specialiose valstybinėse institucijose, stambiuose bankuose ir pan.

Morfologinės analizės forma pateikta ekspertinė prognozė – tai pagal tam tikrą iš anksto sudarytą specialią schemą* eksperto atlikta nagrinėjamos situacijos ir jos vystymosi tendencijų analizė, kurios paskirtis – pakankamai sistemiškai išnagrinėti ir įvertinti galimus sudėtingos problemos sprendimo variantus, tų variantų realizavimo bei užsibrėžto tikslo pasiekimo perspektyvas ir galimas pasekmes.

Pagrindinis individualaus ekspertinio vertinimo metodų trūkumas išplaukia iš tos aplinkybės, kad kiekvieno individo požiūris į analizuojamą situaciją yra individualus ir todėl negali nebūti daugiau ar mažiau subjektyvus ir ribotas.

Šio trūkumo poveikį į ekspertinės analizės rezultatų objektyvumą ir pilnumą, kaip jau buvo minėta anksčiau, galima sušvelninti, pereinant prie **kolektyvinės ekspertinės analizės ir atitinkamo atskirų ekspertų pateiktų ekspertinių įverčių apdorojimo bei apibendrinimo**.

Kolektyvinės ekspertinės analizės metodų taikymas irgi susiduria su sunkumais:

* Pavyzdžiui, pagal priežasčių ir pasekmių („žuvies kaulo“) diagramą, ar „tikslų medžio“, „jėgų lauko“ analizės schemą ir pan.

1) nelengva rasti pakankamą skaičių pakankamai kompetentingų ekspertų, sugebančių pakankamai giliai ir pakankamai plačiai išnagrinėti probleminę situaciją ir galimus problemos sprendimo būdus;

2) kolektyvinės ekspertinės analizės gilumą ir platumą galima būtų žymiai padidinti, organizuojant ekspertų diskusijas, tačiau tokių diskusijų metu gana sunku išvengti labiau autoritetingų ir labiau aktyvių (bet ne visada labiau kompetentingų) ekspertų poveikio į mažiau autoritetingus bei į pasyvesnius ekspertus, dėl ko gali sumažėti bendro ekspertinio įverčio objektyvumas ir prognozės tikslumas.

Nežiūrint į minėtus sunkumus, kolektyvinė ekspertizė taikoma gana plačiai ir egzistuoja gana platus jos metodų spektras.

Kolektyvinio ekspertinio vertinimo metodų apžvalgoje paminėsime keturis metodus: 1) komisijų, 2) „smegenų atakos“, 3) Delfų bei 4) kompleksinį „prognostinio grafo“ sudarymo ir jo ekspertinio vertinimo metodą.

Komisijų metodas – tai grupės ekspertų pasitarimo bei diskusijų metodas. Diskusijos metu siekiama suderinti atskirų ekspertų nuomones ir suformuluoti tokią apibendrintą nuomonę, su kuria galėtų sutikti dauguma tos grupės ekspertų. Ta nuomonė pateikiama kaip kolektyvinis ekspertinis įvertis. Šis metodas plačiai taikomas organizacijų valdyme. Tai įvairūs vadovų ir specialistų pasitarimai bei posėdžiai, kurių metu aptariama susiklosčiusi situacija ir priimami atitinkami sprendimai, skirti organizacijos valdymui.

Egzistuoja ir tokia komisijų metodo modifikacija, kuri bendro ekspertinio įverčio sudarymui nereikalauja pakankamai pilno visų ar daugumos ekspertų nuomonių suderinimo. Po diskusijos kiekvienas ekspertas išreiškia savo nuomonę raštu, pateikdamas savo ekspertinius įverčius, atitinkamai juos argumentuodamas, o prognozuotojas tą ekspertų pateiktą informaciją apdoroja, suteikdamas ekspertams (tiksliau, jų pateiktiems įverčiams) atitinkamus „svorius“ ir apskaičiuodamas „svorinius“ ekspertinių įverčių vidurkius.

Pagrindinis komisijų metodo trūkumas – jau minėtasis labiau autoritetingų ir labiau aktyvių ekspertų nuomonių poveikis į kitų ekspertų nuomones, galintis iššaukti ekspertų individualių įverčių ir jų „svorinio“ vidurkio poslinkį labiau populiarių bei labiau inertiškų (bet ne būtinai labiau teisingų) nuomonių link.

Ekspertų minties inertiškumo ir emocinį labiau autoritetingų ekspertų nuomonių poveikį į mažiau autoritetingų ekspertų nuomones gali šiek tiek sušvelninti **„smegenų atakos“* metodas**, aktyviai skatinantis naujų idėjų generavimą ir dėmesingą jų aptarimą. Tuo „smegenų atakos“ metodas yra pranašesnis už komisijų metodą. **„Smegenų atakos“ metodas ypatingai naudotinas tais atvejais, kai sprendžiamoji problema pasižymi ne tiek savo sudėtingumu, kiek savo naujumu bei neįprastumu, kai ekspertai savo arsenale neturi tokių tipinių metodų, kurie galėtų padėti išspręsti tą problemą.** Tokiais atvejais, formuojant ekspertų kolektyvą, tikslinga įtraukti į jį įvairių sričių atstovus, tarp kurių naudinga būtų turėti ir ekspertą, ne būtinai labai kompetentingą nagrinėjamoje problematikoje, tačiau pasižymintį originaliu mąstymu ir sugebėjimu generuoti naujas idėjas.

„Smegenų atakos“ metodo taikyme galime išskirti kelis skirtingos paskirties etapus, nuosekliai vedančius prie galutinio tikslo – sudėtingos problemos sprendinio radimo.

Pirmajame etape prognozuotojas ar ekspertų grupės vadovas, surinkęs ekspertus į pirmąją jų grupės posėdį, formuluoja tą problemą, kurią reikia išspręsti, ir siūlo kiekvienam ekspertui individualiai apgalvoti galimus tos problemos sprendimo

* Literatūroje šį metodą vadina dar ir „smegenų šturmo“ bei „proto šturmo“ metodu.

būdus, trumpai aprašyti juos ir pasiruošti savo nuomonės argumentuotam išdėstymui antrajame šios ekspertų grupės susitikime, kurio data paskelbiama iš anksto. Ekspertams pasakoma, kad šiame etape svarbiausia yra generuoti kuo daugiau įvairių idėjų, kurios galėtų pasitarnauti problemos sprendimui. Taip pat pranešama, jog visos tos idėjos bus geranoriškai išklausytos ir išanalizuotos antrajame „smegenų atakos“ etape, todėl ekspertams patariama, kad jie šiame – pirmajame – etape neapsiribotų tik įprastų, tapusių beveik tradiciniais, duotos sudėtingos problemos sprendimo būdų analize ir tos analizės rezultatų pateikimu, bet ir ypač ieškotų naujų, originalių (ir net atrodančių iš pirmo žvilgsnio neįprastai bei šokiruojančiai) sprendimo būdų, nes analizuojant juos gali kilti naujų idėjų, padedančių rasti geresnį duotosios problemos sprendimą.

Antrajame etape, kuris prasideda antruoju ekspertų grupės susitikimu ir pirmajame etape surastų sudėtingos problemos sprendimo būdų bei sprendimui surasti naudingų idėjų aprašymų pridavimu ekspertų grupės vadovui, ekspertai pristato savo siūlomus sprendimo variantus bei tas idėjas, kurios, jų manymu, galėtų būti naudingos, ieškant iškeltos problemos sprendimo. Pristatydami sprendimo būdų variantus ir idėjas, galinčias būti naudingomis sprendimo paieškai, ekspertai argumentuoja savo pasiūlymus, išsakydami jiems žinomus argumentus „už“ ir „prieš“ tuos pasiūlymus, įvertina savo siūlomų problemos sprendimo variantų realizavimo galimybes bei tikimybes. Problemos sprendimo idėjų pristatymas gali vykti „laisvo važiavimo“ būdu, kada ekspertai jų pačių laisvai pasirinkta tvarka išsako savo pasiūlymus, arba laikant taip vadinamąjį „round robin“ metodą, kada vedantysis „proto ataką“, pasirinkdamas tam tikrą tvarką klausinėja „proto atakos“ dalyvius. Šis būdas leidžia vedančiajam pradėti apklausą, pavyzdžiui, nuo mažiau pasitikinčių savimi bei jaunesnių ekspertų, kad jų nuomonių neužgoštų labiau žinomų ekspertų autoritetas. Šiame – antrajame – „smegenų atakos“ etape visi ekspertai privalo įdėmiai ir geranoriškai išklausyti vienas kito pranešimus, nekritikuodami vienas kito pasiūlymų, idėjų ir argumentų, bet stengdamiesi suprasti, kaip ir kodėl jo kolegos priėjo prie pasiūlymų, idėjų ir argumentų, ne visai sutampančių ar visai nesutampančių su manaisiais, ir ryšium su tuo kritiškai pažvelgti į savo pasiūlymus, idėjas bei argumentus jų pagrįstumo ir išsamumo prasme. Antrajame „smegenų atakos“ etape ekspertai gali užduoti vienas kitam tik tokius klausimus, kurie galėtų pasitarnauti tik gilesniam ir pilnesniam kolegos pozicijos išsiaiškinimui, bet negalėtų inicijuoti diskusijos. Visi tie klausimai ir atsakymai turėtų būti suformuluoti tolerantiškai vienas kito atžvilgiu ir neturėti jokių poteksčių, galinčių sumenkinti kurių nors kitų savo kolegų nuomonę, įžeisti pastaruosius. Taip turi būti elgiamasi todėl, kad neįsigilinus į jų esmę, nebūtų atmestos neįprastos, bet naudingos idėjos, kurios iš pirmo žvilgsnio daugeliui galėtų pasirodyti nepriimtinos ar net absurdiškos. Juk žmogaus psichika gana inertiška, ir todėl žmogus (o ekspertas – irgi žmogus), susidūręs su neįprasta ir jo pasaulėvaizdžiui svetima nuomone ar idėja, gana dažnai būna linkęs tą nuomonę laikyti klaidinga ir nepriimtina, o tokią idėją iškart atmesti kaip absurdišką ir nevertą dėmesio. Ir reikia tam tikro laiko bei atitinkamų sąlygų, priverčiančių žmogų dar kartą sugrįžti prie atmestos nuomonės ar idėjos ir įdėmiai į jas pažvelgti, kad jis pastebėtų toje nuomonėje ar idėjoje glūdintį „racionalų grūdą“. O ekspertų pateiktuose pasiūlymuose ir išsakytose idėjose, net tuo atveju, kai tie pasiūlymai ir idėjos daugeliui atrodo nepriimtina, dažniausiai glūdi racionali mintis ar jos užuomazga, nes ekspertai, kai jie tinkamai parinkti, yra gana protingi ir išsilavinę žmonės, sugebantys atsakingai vertinti jiems kylančias mintis, ir todėl vargu ar galėjo ryžtis teikti nevertus dėmesio pasiūlymus ir skelbti tikrai absurdiškas idėjas. Nepagarbiai elgtis kitų ekspertų atžvilgiu būtų ne tik netolerantiška, bet ir neprotinga.

Atsižvelgiant į čia išsakytus samprotavimus, buvo nuspręsta reikalauti didelės tolerancijos, išklausanč kolegų pasiūlymus ir nuomones antrajame „smegenų atakos“ etape, o kad būtų išvengta skubotų bei nepakankamai brandžių išvadų, buvo nutarta nukelti kolegų pasiūlymų ir idėjų kritišką aptarimą į trečiąją „smegenų atakos“ etapą, t. y. į trečiąją ekspertų grupės susitikimą, įvyksiantį po tam tikro laiko, kurio visiems ekspertams turėtų pakakti savo kolegų pasiūlymų ir idėjų analizei bei įvertinimui, o taip pat pirmajame etape sudarytų ir antrojo etapo pradžioje pateiktų savo pasiūlymų bei idėjų koregavimui ir papildymui.

Trečiajame „smegenų atakos“ etape kiekvienas ekspertas pristato kolegų aptarimui ir kritiškam vertinimui pakoreguotus savo sprendinių variantus bei nagrinėjamos problemos sprendimui naudingas idėjas. Šiame etape jau ne tik leidžiama, bet ir skatinama kolegų pateiktų projektų bei idėjų konstruktyvi kritika, nes dabar ta kritika, vykstanti po pakankamai ilgo ir gilaus kolegų pateiktų pasiūlymų apmąstymo, jau nebegali būti skubota ir nebrandi.

Šiame etape vykstančios diskusijos metu išaiškėja, ar ši ekspertų grupė jau surado nagrinėjamos sudėtingos problemos sprendimo būdą, kuris visiems tos grupės nariams (ar bent jų daugumai) atrodytų pakankamai racionalus ir patikimas, ar tokio šios sudėtingos problemos sprendimo būdo vis dar reikės ieškoti.

Pirmuoju atveju kiekvienas ekspertas gauna užduotį ketvirtojo „smegenų atakos“ etapo pradžiai paruošti išsamų ir pakankamai detalų problemos sprendimo variantą (ekspertinės ilgalaikės prognozės atveju – labiausiai tikėtinus analizuojamos situacijos vystymosi ir problemos sprendimo scenarijus su tų scenarijų realizacijos tikimybių ekspertiniais įverčiais).

Antruoju atveju kiekvienas ekspertas sugrąžinamas į antrąjį etapą ir gauna užduotį apibendrinti trečiajame etape vykusios diskusijos rezultatus bei tos diskusijos vadovo rekomendacijas ir tęsti sudėtingos problemos sprendimo paieškas, kad naujojo trečiojo „smegenų atakos“ etapo pradžiai galėtų pateikti tos paieškos rezultatus, priartinančius prie ieškomo sudėtingos problemos sprendinio ar net siūlančius tos problemos sprendimo projektą.

Ketvirtajame „smegenų atakos“ etape aptariami ir apibendrinami nagrinėjamos sudėtingos problemos sprendimo projektų variantai (pavyzdžiui, ekspertų pateikti ilgalaikių prognozių variantai su ekspertiniu būdu nustatytomis tų variantų realizavimo bei realizavimosi tikimybėmis) ir sudaromas apibendrintas galutinis sudėtingos problemos sprendimo projektas, sintezuojantis visa tai, kas buvo geriausia atskirų ekspertų pateiktuose problemos sprendimo variantuose. Priėmus galutinį problemos sprendimo projekto variantą ir įvertinus jo realizavimo tikimybę, reikalingų resursų kiekį ir to projekto realizavimo apytikrą kainą, ekspertų grupės darbas baigiamas ir ji gali būti išformuota. Kartais, žinoma, kai kurie ekspertai gali būti pakviesti tapti sudarytų projektų įgyvendinimo vadovais.

Tuo atveju, kai trečiajame „smegenų atakos“ etape problemos sprendimo surasti nepavyksta ar ketvirtajame etape dėl didelio ekspertų nuomonių skirtumo nepavyksta tas nuomones suderinti ir surasti galutinį sprendimą, kurį visi ekspertai laikytų optimaliu ar bent priimtinu, tenka ekspertų grupę sugrąžinti į antrąjį, o kartais – net į pirmąjį „smegenų atakos“ etapą ir kartoti trečiąjį ir ketvirtąjį tos „atakos“ etapus.

Jei po kelių tokių iteracijų nepavyksta gauti suderinto, t. y. visiems ar bent daugumai priimtino, sudėtingos problemos sprendinio, tai nutariama, jog ši ekspertų grupė yra nepajėgi nagrinėjamą problemą išspręsti ir todėl turi būti išformuota.

Po to galimi du atvejai: arba sudaroma nauja ekspertų grupė, kuri pradeda naują „smegenų ataką“, arba sudėtingos problemos sprendimas atidedamas, tikintis, kad laikui bėgant atsiras naujų idėjų bei patobulės technika ir sudėtingų problemų

sprendimo technologija. Kartais prie šio (t. y. antrojo) atvejo tenka pereiti ir po pirmojo atvejo (t. y. po naujos ekspertų grupės sudarymo), kai ir vėl nepavyksta gauti suderintą apibendrintą galutinį sudėtingos problemos sprendinį, kurį būtų galima laikyti pakankamai priimtinu daugumai ekspertų.

Lygindami „smegenų atakos“ metodą su komisijų metodu, matome, jog, taikydami „smegenų atakos“ metodą, mes suteikiame atskiriems ekspertams daugiau savarankiškumo ir galimybių individualiai kūrybai, dėl to galime tikėtis, jog, taikant šį metodą, gims daugiau naujų idėjų, tarp kurių gali pasitaikyti ir gana vertingų. Tuo pačiu metu „smegenų atakos“ metodas skiriasi ir nuo grynai individualių ekspertinio vertinimo metodų, apie kuriuos mes jau esame kalbėję, nes neeliminuoja įvairių, turinčių skirtingą patirtį ir skirtingus požiūrius į sprendžiamą sudėtingą problemą, ekspertų bendravimo ir įvairių idėjų bei nuomonių kovos, kurios metu žymiai padidėja naujų idėjų gimimo galimybė bei tikimybė. Iš to, kas buvo čia ką tik pasakyta, išplaukia, jog „smegenų atakos“ metodas yra tobulesnis už individualius metodus ir už komisijų metodą, o todėl galėtų ir net turėtų ilgainiui išstumti pastaruosius iš vartojimo praktikos. Tačiau kol kas ir individualūs metodai, ir komisijų metodas dėl savo paprastumo (ir, svarbiausia, įprastumo) praktikoje vis dar vartojami. Ir net dažniau negu „smegenų atakos“ metodas.

Gana plačiai taikomas ir **Delfų metodas**, kurio pavadinimas buvo pasiskolintas iš antikinės Graikijos istorijos (kaip teigiama toje istorijoje, Delfų mieste buvusi Apolono šventykla, garsėjusi savo orakulu).

Delfų metode atsisakoma ekspertų kolektyvinių debatų, ir tokiu būdu siekiama vieno ekspertų įtakos kitiems eliminavimo. Žinoma, tuo pačiu metu netenkama to naujų idėjų ir naujų požiūrių „generatoriaus“, atsirandančio diskusijų metu, kuriuo intensyviai naudojamosi „smegenų atakos“ metode. Taikant Delfų metodą, tos grupės ekspertų, kuriuos parinko ekspertizės organizatoriai sudėtingos problemos sprendimui (pavyzdžiui, ilgalaikės prognozės sudėtingoje situacijoje sudarymui), tiesioginis bendravimas pakeičiamas netiesioginiu, vykstančiu per ekspertizės organizatorius bei jų paskirtus specialius darbuotojus – ekspertinių įverčių analitikus.

Ekspertizės organizatoriai sudaro ekspertų individualių apklausų programą – specialius klausimynus ir specialias formas – lenteles, skirtas ekspertų atsakymų į klausimynų klausimus ir ekspertinių įverčių užrašymui. Šie klausimynai ir formos išdalinamos ekspertams, ir po atitinkamo (iš anksto nustatyto su ekspertais suderinto) laiko jau užpildytos formos surenkamos iš ekspertų, analizuojamos ir atitinkamai apdorojamos, įvertinant ekspertinių įverčių suderinamumo lygį (pavyzdžiui, apskaičiuojant konkordacijos koeficientus) ir nustatant tų įverčių statistines charakteristikas („svorinius vidurkius“, medianas, kvartilius, mažiausias ir didžiausias įverčių reikšmes).

Dažniausiai atsitinka taip, kad po pirmosios ekspertų apklausos ir jų pateiktų įverčių statistinio apdorojimo paaiškėja, jog ekspertų nuomonės nėra pakankamai suderintos. Tuomet ekspertų apklausa kartojama, pateikiant jiems ne tik klausimynus (neretai – jau šiek tiek pakoreguotus) ir ekspertinių įverčių įrašymui skirtas formas, bet ir pirmosios apklausos apibendrinimo rezultatus, nepateikiant tik atskirų ekspertų asmeninių įverčių. Ekspertų paprašoma palyginti savo anksčiau pateiktus įverčius su pirmosios apklausos įverčių „svoriniais“ vidurkiais ir, jei tie įverčiai žymiai skiriasi nuo vidutinių, arba pakoreguoti savo įverčius, arba pateikti argumentuotą savo nuomonę, kodėl ekspertas mano, jog jo įverčiai yra tikslesni. Kartu su tuo prašoma užpildyti naują atsakymų į klausimus ir ekspertinių įverčių lentelę, įrašant į ją tokias tų įverčių reikšmes, kokios ekspertui atrodytų tiksliausios dabar, jau praėjus tam tikram

laikui ir susipažinus su visos ekspertų grupės įverčių apdorojimo apibendrintais rezultatais.

Ši – antroji – ekspertų apklausos ir gautų rezultatų apdorojimo procedūra gali būti pakartota keletą kartų. Dažniausiai po kelių apklausų pavyksta gauti suderintus ekspertizės rezultatus. Tuomet ekspertinių įverčių galutiniai „svoriniai“ vidurkiai tampa Delfų metodo taikymo galutiniais rezultatais ir gali būti panaudoti priimant sprendimus sudėtingose situacijose.

Jei kartais ir po kelių apklausų nepavyksta gauti pakankamai suderintų ekspertizės rezultatų, tai arba atsisakoma bandymo spręsti šią problemą Delfų metodu, arba bandoma suformuoti naują, labiau kvalifikuotą, ekspertų grupę.

Lygindami Delfų metodą su individualių ekspertizių ir komisijų metodais, pastebime, kad Delfų metodas yra abiejų tų metodų sintezės rezultatas, atsiradęs bandant eliminuoti abiejų tų metodų pagrindinius trūkumus: individualių ekspertizių subjektyvumą ir komisijų metodui būdingą autoritetinę bei ekspresyvių ekspertų įtaką kitiems ekspertams. Todėl Delfų metodas, nors ir yra sudėtingesnis bei brangesnis, gali ir privalėtų duoti geresnius ekspertizių rezultatus negu individualių ekspertizių ar „komisijų“ metodai, taikomi atskirai.

Iš „smegenų atakos“ ir Delfų metodų palyginimo išplaukia išvada, kad **tuo atveju, kai iškilusios problemos sprendimą tikimasi surasti naudojantis tradicinėmis priemonėmis ir tradiciniais būdais, tačiau būtina visą sudėtingą problemos sprendimo procesą gerai apgalvoti ir gerai suderinti, tikslingiau naudotis Delfų metodu, o kai problemos sprendimo būdo ekspertams „nesimato“, nes trūksta naujų idėjų, – „smegenų atakos“ metodu.**

Sprendžiant problemas, kurios iki šiol atrodė labai sudėtingos bei neįprastos, ir tikintis, jog šias problemas pavyks pervesti iš supersudėtingų į sudėtingų problemų klasę ir išspręsti kolektyvinėmis pastangomis, tikslinga naudotis abiem šiais metodais pakaitomis: pradėti nuo „smegenų atakos“ metodo taikymo, po to pereiti prie Delfų metodo. „Smegenų atakos“ metodą galima taikyti ir ieškant geriausio labai sudėtingos problemos suskaidymo į sudėtinės dalis būdo, ir atskirų problemų sprendimo būdų, o Delfų metodą – „smegenų atakos“ metodu rastų sprendinių patikrinimui bei patikslinimui, jų sistematizavimui ir galutiniam apiforminimui. Rekomenduojamų sprendinių patikrinimui bei palyginimui ir galutinio sprendimo išsirinkimui sudėtingose situacijose gana dažnai taikoma ekspertinių vertinimų ir galimų sprendimų bei jų pasekmių imitacinio modeliavimo sintezė. Tokios sintezės pavyzdys bus pateiktas 1.16.3.4. skyrelyje.

Sudėtingų procesų raidos ir jos rezultatų ekonomikoje ir socialiniuose procesuose bei mokslo ir technikos vystymosi srityse ilgalaikių prognozių tikslumą ir patikimumą galima žymiai padidinti, pereinant nuo tiesioginio visos problemos bei visos sistemos ekspertinio vertinimo metodo prie **kompleksinio ekspertinio vertinimo, sudarant nagrinėjamo sudėtingo proceso ir jo paprocesių „prognostinius grafus“ ir hierarchinę tų grafų bei jų elementų ekspertinio vertinimo sistemą, leidžiančią iš dalinių ekspertinių įverčių sukonstruoti galutinius ekspertinius įverčius.** Šį kompleksinį metodą galima laikyti **pagrindinių tikslų dekompozicijos į tikslų medžius, tinklinio planavimo ir tiesioginio ekspertinio vertinimo metodų sintezės rezultatu.**

Tiesioginio ekspertinio vertinimo (individualaus ir kolektyvinio) metodus mes jau apžvelgėme šiame skyrelyje, struktūrų dekompozicijos operaciją – 1.9.2.19. skyrelyje, struktūras, vadinamas „medžiais“, jų matematinį aprašymą ir taikymą – 1.9.1.1., 1.9.2.9. ir 1.9.2.27. skyreliuose, tinklinius grafikus ir jų taikymą –

1.9.2.16.÷1.9.2.18. skyreliuose. Apie tikslų dekompoziciją į tikslų medžius bei apie tinklinį planavimą ir jo metodų taikymą bus žymiai detaliau kalbama antroje šios mokymo priemonės dalyje. Ten bus ne tik aprašytas funkcinis valdymo sistemų struktūrų projektavimo metodas, kurio pagrindą sudaro tikslų dekompozicija į tikslų medžius, išdėstyta tinklinio planavimo ir tinklinių grafikų analizės bei optimizavimo teorija, bet ir pateikti konkretūs tikslų medžių ir tinklinių grafikų sudarymo pavyzdžiai, o taip pat jų elementų charakteristikų ekspertinio vertinimo ir viso tinklinio grafiko charakteristikų apskaičiavimo, tinklinių grafikų transformavimo iš briauninės formos į viršūninę bei atvirkščiai ir jų optimizavimo pavyzdžiai.

Čia dabar apsiribosiu tik trumpu 1.9.2.6.16.÷1.9.2.18. skyreliuose pateiktų pagrindinių sąvokų turinio pakartojimu ir paaiškinimu, kad **tikslų medis** – tai struktūra T_n , gaunama dekomponuojant pagrindinį tikslą į antrinius tikslus, reikalingus pagrindiniam tikslui pasiekti, o pastaruosius – į dar smulkesnius, ir priminsiu, jog **tinklinis grafikas** yra tinklo pavidalo grafas, jungiantis nagrinėjamo sudėtingo proceso įvykius ir darbus. **Įvykiai** atitinka ypatingus nagrinėjamo proceso momentus ir vaizduoja nagrinėjamos sudėtingos sistemos, jos posistemių ir jos elementų būsenas tais momentais, o **darbais** vadinami mūsų inicijuojami ir vykdomi procesai bei paprocesiai, pervedantys mūsų nagrinėjamą sistemą, jos atitinkamą posistemę ar elementą iš vienos būsenos, atitinkančios vieną įvykį, į kitą būseną, atitinkančią kitą įvykį. Įvykiai skirstomi į pradinius, galutinius ir tarpinius. **Pradiniais įvykiais** vadinami įvykiai, charakterizuojantys pradinę (dabartinę) situaciją, t. y. sistemos, jos posistemių ir elementų būsenas toje situacijoje. Naudojantis taip vadinamais **fiktyviais darbais**, kurių „atlikimui“ nereikia nei laiko, nei kitų resursų, formaliai visada galima įsivesti tokį **fiktyvų pradinį įvykį**, kuris galėtų būti laikomas vieninteliu to tinklinio grafiko pradiniu įvykiu, o buvę pradiniai įvykiai formaliai taptų tarpiniais. **Galutiniai įvykiai atitinka mūsų siekiamus galutinius tikslus** ir charakterizuoja mūsų nagrinėjamos sistemos, jos posistemių ir elementų galutines būsenas, kurių pasiekimas ir yra galutiniai mūsų nagrinėjamo sudėtingo proceso (o taip pat ir mūsų) tikslai. Vienakriterijinio optimizavimo atvejais tinklinis grafikas turi tik vieną galutinį įvykį, o tinklinius grafikus, atitinkančius daugiakriterijinį optimizavimą, įvedant fiktyvius darbus ir fiktyvų įvykį, formaliai taip pat galima suvesti į tinklinį grafiką, turintį tik vieną baigiamąjį įvykį. Tuomet visi kiti įvykiai, išskyrus pradinį ir baigiamąjį, bus tarpiniai, charakterizuojantys nagrinėjamos sistemos, jos posistemių ir elementų tarpines būsenas ypatinguose taškuose (t. y. ypatingais momentais, atitinkančiais nagrinėjamo proceso kalendoriaus ypatinguosius taškus). **Tarpiniai įvykiai atitinka dalinius tikslus**, kuriuos reikia pasiekti, norint pasiekti galutinius tikslus.

Sudėtingo proceso, orientuoto į tų ar kitų aiškiai apibrėžtų tikslų pasiekimą, tinklinis grafikas sudaromas, dekomponuojant sudėtingą galutinių tikslų pasiekimo problemą į tarpinių tikslų pasiekimo problemas, t. y. sudarant **hierarchinius tikslų pasiekimo medžius** ir po to sudarant sudėtingą struktūrą, jungiančią elementarių tarpinių tikslų pasiekimo paprocesius į sudėtingo proceso, skirto galutinių tikslų pasiekimui, struktūrinį modelį. Nustatydami kokių nors būdu (tame tarpe ir ekspertinio vertinimo metodais, kaip tai daroma, pavyzdžiui, taikant PERT metodą) labiausiai tikėtinas darbų trukmes bei tų trukmių pasiskirstymo dėsnius (dažnai darbų trukmių pasiskirstymas būna gana artimas apibendrintam beta pasiskirstymui) ir jų parametrus, mes galime apskaičiuoti kiekvienam tarpiniam įvykiui jų įvykimo tikėtinus laiko intervalus bei tų įvykių įvykimo ne vėliau prognozuojamo laiko momento tikimybes. Naudodamiesi tokiu „prognostiniu grafu“, jau galime prognozuoti nagrinėjamo proceso tėkmę ir apskaičiuoti tikėtinas laiko intervalo ribas, tarp kurių turėtų būti pasiekti mūsų užsibrėžti tikslai, ir tikimybes, kad tie tikslai bus pasiekti ne vėliau mūsų prognozuojamų terminų.

Apie tai, kaip sudaromos **hierarchinės ekspertinio vertinimo sistemos**, sužinosime šios mokymo priemonės 1.16.3.4. skyrelyje. Ten susipažinsime ir su tokios sistemos sudarymo ir jos taikymo, priimant sprendimą nepakankamai apibrėžtoje situacijoje, pavyzdžiais.

Tačiau prieš tai, t. y. 1.16.3.3. skyrelyje, susipažinsime su dirbtinio intelekto ir ekspertinės sistemos sąvokomis, trumpa dirbtinio intelekto raidos ir ekspertinių sistemų atsiradimo bei jų taikymo istorija, prie ko tuoj pat ir pereisime.

1.16.3.3. Dirbtinis intelektas. Ekspertinės sistemos

Ekspertinių sistemų idėja kaip tam tikra „hibridinė“ natūralaus ir dirbtinio intelekto simbiozės idėja susiformavo kibernetikos raidoje bandant spręsti **dirbtinio**

intelekto sukūrimo problemą, t. y. bandant sukurti tokią kompiuterinę sistemą, kuri galėtų automatiškai ar automatizuotai atlikti ne tik vienareikšmiškai apibrėžtus rutininius veiksmus pagal griežtai vienareikšmiškus žmogaus sudarytos programos reikalavimus, bet ir pakankamai racionaliai veiktų nepilnai apibrėžtose situacijose, automatiškai arba automatizuotai atlikdama tokius darbus, kuriuos mes priskirtume intelektualiams nerutininiams darbams, t. y. **tokius darbus, kurių atlikimas jau negali būti iš anksto pilnai ir griežtai užprogramuotas, o reikalauja intelektualios kūrybos ar bent jos elementų jau pačių tų darbų atlikimo eigoje.**

Reikėtų pažymėti, kad sąvoką „**intelektas**“ mes kol kas suvokiame tik intuityviai, nes iki šiol dar nesugebėjome suformuluoti tokio formalaus šios sąvokos apibrėžimo, kuris pilnai ir griežtai atitiktų intuityviai suvokiamą šios sąvokos turinį ir todėl būtų priimtinas visiems rimtiems specialistams, tyrinėjantiems žmogaus ir gyvūnų intelektą, o taip pat specialistams, dirbantiems dirbtinio intelekto srityje.

O dirbama šioje srityje jau gana seniai, nes jau antikos laikais buvo bandymų kurti įrenginius, skirtus žmogaus intelektualinės veiklos imitavimui. Su jau gana ilga ir marga dirbtinio intelekto priešistorė ir istorija skaitytojas gali susipažinti turiningoje ir įdomiai parašytoje šioje srityje dirbančio matematiko D.A.Pospelovo knygoje „Фантазия или наука? На пути к искусственному интеллекту [106]“. Toje knygoje skaitytojas ras ne tik įdomių faktų, bet ir daug vertingų minčių, praturtinančių jo tezaurą ir lavinančių jo sisteminių mąstymą.

Anglų matematikas A. Tiūringas, apie kurį mes jau esame girdėję kaip apie Tiūringo mašinos, specialiai sugalvotos priemonės, skirtos algoritmo sąvokai apibrėžti (žiūr. 1.4.7. ir 1.10.6. šios mokymo priemonės skyrelius), autorių, buvo pasiūlęs testą, kuris, jo manymu, galėtų leisti atskirti įrenginį, turintį intelektą, prilygstantį žmogaus intelektui, nuo įrenginio, tokio intelekto dar neturinčio. To testo idėja buvo tokia: ekspertas, kuriam pavesta ištirti, ar kokia nors konkreti dirbtinio intelekto specialistų sukurta sistema turi prilygstantį žmogui intelektą, ar ne, netiesiogiai (pavyzdžiui, telefonu arba paštu) bendrauja su ta sistema, nežinodamas iš anksto, ar bendrauja su kitu žmogumi, ar su įrenginiu, imituojančiu žmogaus intelektualią veiklą. Ekspertas formuluoja įvairius klausimus ir, analizuodamas gautus atsakymus bei savo „pašnekovo“ klausimus ir kitus pastarojo teiginius, bando nustatyti, ar jis bendrauja su žmogumi, ar tik su žmogaus intelektą imituojančiu įrenginiu. Jei tokio eksperimento metu ekspertui jokių būdu nepavyktų nustatyti ir neginčijamai įrodyti, kad jis bendrauja ne su normalią psichiką turinčiu žmogumi, o su kažkuo kitu, neturinčiu tokio intelekto, kurį privalėtų turėti normalus žmogus, tai, A. Tiūringo manymu, ekspertas turėtų pripažinti, kad jo nežinomasis pašnekovas yra arba žmogus, arba dar kažkas, turintis normalaus žmogaus intelektą.

Daugeliui kibernetikų tuomet atrodė, kad A. Tiūringui pavyko sugalvoti pakankamai tobulą testą, leidžiantį nustatyti žmogaus lygio intelekto buvimą ar nebuvimą.

Tačiau praėjus gana trumpam laikui, jau praėjusio šimtmečio šeštojo dešimtmečio pabaigoje amerikietis kibernetikas Dž. Vaicenbaumas sukūrė dvi programas, pavadintas „ELIZA“ ir „DAKTARAS“, sugebančias vesti, taip vadinamąjį „fatinį“ dialogą, kurio esmę sudaro formalus sintaksinis iš eksperto gaunamos bei jau gautos informacijos transformavimas, leidžiantis, nesigilinant į tos informacijos prasmę ir jos nesuvokiant, kurti prasmingo pokalbio įvaizdį, tęsiant tą pokalbį kiek norint ilgai. Su tokių pokalbių fragmentais skaitytojas gali susipažinti jau minėtoje D. A. Pospelovo knygoje, ir tai leis jam suprasti, kaip tokie „fatiniai“ dialogai gali būti kuriami. O čia mes apsiribosime tik išvada, kad A. Tiūringo testas pasirodė nepajėgus atskirti esybes, turinčias žmogaus intelektą, nuo jo neturinčių. Egzistuoja ir tokios nuomonės (žiūr. pavyzdžiui, [274]), kad žmogaus intelekto negalima sukurti, nesukūrus paties žmogaus.

Mes čia nenagrinėsime visos gana įdomios ir pamokančios darbų ir pasiekimų dirbtinio intelekto kūrimo srityje istorijos, apsiribodami tik tuo jos etapu, kuris prasidėjo XX a. viduryje „kibernetinio bumo“ metu ir pasižymėjo ryškiu susidomėjimo dirbtinio intelekto sukūrimo problemomis padidėjimu.

Nors praėjo daugiau nei pusė amžiaus, kai mokslas rimtai pradėjo domėtis dirbtinio intelekto (DI) sukūrimo problemomis, iki šiol dar nepavyko suformuluoti tokio DI apibrėžimo, kurį būtų galima laikyti visuotinai pripažintu.

Skiriamos **dvi DI sampratos**: DI griežtąja prasme ir DI negriežtąja prasme.

DI griežtąja prasme – tai sistema, turinti dirbtinį protą, kuris nebūtinai turi būti visiškai panašus į žmogaus protą ir net gali iš esmės skirtis nuo jo, būti sukonstruota visiškai kitaip ir veikti kitais principais, bet privalo turėti esminę bet kuriam tikram protui savybę – **mentalinės būsenas**, t. y., tokias būsenas, kuriose **sistema suvokia pati save**, kitaip tariant sistemoje atsiranda toks reiškinys kaip sistemos savimonė, jos **sąmonė**, sąvojo „aš“ suvokimas.

Tokios dirbtinio intelekto sistemos (DIS) **dar nesukurtos ir dar net neaišku, kaip jas būtų galima sukurti.**

DI negriežtąja prasme – tai sistema, kurios elgsena išoriniam stebėtojiui atrodo protinga, nors ji gali ir neturėti mentalinių būsenų, o tik imituoti jas.

Tokių sistemų sukurta jau gana daug. Tai ir intelektualūs robotai, ir šachmatais žaidžiančios sistemos, sugebančios laimėti partijas prieš didmeistrius ir net pasaulio čempioną, ir eilė kitų panašaus intelekto sistemų.

Moksle apie DI negriežtąja prasme egzistuoja keletas krypčių, kitaip tariant, keletas tyrimo sričių.

Viena jų nagrinėja, **kaip kurti sistemas, įrenginius, prietaisus bei įtaisus, automatiškai ir tų įrenginių ir kokių nors subjektų atžvilgiu pakankamai racionaliai reaguojančius į iš anksto nežinomas aplinkos pokyčius.** Kadangi reakcijų į tokius pokyčius negalima iš anksto griežtai algoritmizuoti, tai tokios DIS privalo sugebėti kaupti patirtį, ją apibendrinti, mokytis ir automatiškai tobulinti savo veikimą. Tai **intelektualių robotų** kūrimo sritis.

Kita kryptis nagrinėja, **kaip kurti DIS, sugebančias atlikti darbus, priskiriamus intelektualiai žmogaus veiklai:** versti tekstus iš vienos kalbos į kitą, žaisti šachmatais, įrodinėti teoremas ir pan. Ši mokslo apie DIS kryptis nagrinėja ir **ekspertines sistemas**, apie kurias mes dar kalbėsime šiame šios mokymo priemonės skyrelyje. Ekspertinės sistemos jau pasiekė tokį lygį, kad jau dabar duoda praktinę naudą.

Dar viena mokslo apie DIS kryptis nagrinėja **natūralaus (prigimtinio) intelekto atskirų savybių (regėjimo, klausos, kalbėjimo ir kitų) modeliavimą.** Bendradarbiaujant su biologais ir inžinieriais siekiama sukurti įtaisus, kuriuos būtų galima pritaikyti robotams ir neįgaliesiems. Ši kryptis artima **bionikos** mokslui.

Kol kas nėra ne tik bendro DIS (griežtąja ir negriežtąja prasmėmis) apibrėžimo, bet ir bendro požiūrio į teorinius principus, kuriais reiktų vadovautis, kuriant DIS. Galima išskirti **tris pagrindines DIS teorijas:** logicizmą, kognityvizmą ir konektionizmą.

Logicizmo teorija (pradininkas N. Nilsonas, JAV) **grindžiama prielaida**, kad mąstymas vyksta atliekant formalius loginius samprotavimus, t. y., kad samprotaujama manipuliuojant žiniomis, išreikštomis teiginiais ir predikatais, užrašytais formaliąja matematinės logikos kalba (pavyzdžiui, pirmosios eilės predikatų kalba, kurią mes nagrinėjome 1.16.1.5.4 skyrelyje). Akivaizdu, kad ši teorija atspindi svarbią intelekto savybę, bet neapėmia viso žmogaus intelekto.

Logicistai intelektą sutapatina su žiniomis ir gebėjimu logiškai samprotauti. Jų nuomone, **turėti intelektą reiškia sugebėti kaupti ir išlaikyti žinias, sugebėti daryti iš tų žinių logiškai (deduktyviai ir induktyviai bei pagal analogiją) išplaukiančias išvadas.**

Kognityvizmo teorija (pradininkai A. Newellis ir H. Simonas, JAV) **grindžiama prielaida**, kad mąstymas vyksta manipuliuojant formaliomis ženklų struktūromis ir **tapatinamas su sugebėjimu spręsti problemas, atliekant sprendinių paiešką būsenų erdvėje.**

Problemos būseną vadinama tai, ką problemą sprendžianti sistema žino apie sprendžiamą problemą konkrečiu laiko momentu. Problemos būsenų erdvę sudaro pradinė, tikslo ir visos galimos tarpinės būsenos. Būsenai aprašyti vartojamas problemą sprendžiančios sistemos ženklynas. Būseną aprašoma tam tikrais ryšiais susietu to ženklyno ženklų rinkiniu – **semantiniu tinklu**. Pritaikiusi atitinkamą operatorių iš turimo jų rinkinio, problemą sprendžianti sistema esamą būseną transformuoja į naują. Problema formuluojama aprašant pradinę ir galutinę (tikslo) būsenas, sprendžiama – transformuojant pradinę būseną į tikslo būseną (paprastai ne iškart, o per vieną ar kelias tarpines būsenas). Tikslo būseną iš pradinės gana dažnai galima gauti keliais būdais, todėl problemą sprendžianti sistema privalėtų stengtis ieškoti racionaliausio būdo.

Kognityvistų nuomone, **turėti intelektą – reiškia gebėti aproksimuoti turimas žinias, jas panaudoti problemų formulavimui ir, kas svarbiausia, jų sprendimui, t. y., tikslų kėlimui ir jų pasiekimo kelių radimui.**

Konektionizmo teorija (pradininkas N. Rosenblatas, JAV) **grindžiama prielaida**, kad intelektas – tai gebėjimas kaupti patirtį ir mokytis. Konektionistai siūlo kurti DIS taip vadinamųjų **konektionistinių tinklų pagrindu**. Šie tinklai sudaryti iš didelio skaičiaus elementariųjų procesorių, veikiančių lygiagrečiai. Konektionistinio tinklo pavyzdys – dirbtinių neuronų tinklas. Konektionistiniame tinkle žinios (problemos, sistemos, pasaulio ir pan. modeliai) aprašomos priskiriant svorio koeficientus ryšiams, jungiantiems procesorius (žiūr. šios mokymo priemonės 1.16.1.5.6. skyrelyje slenksinės logikos ir formaliųjų neuronų tinklų aprašymą). Svarbiausia tokio tinklo savybė – galimybė jį apmokyti. Mokoma sprendžiant uždavinius, kurių sprendiniai iš anksto žinomi, ir keičiant tinkle ryšių svorio koeficientus tol, kol gaunamas reikiamas rezultatas. Šitaip tinklas išmokomas spręsti tam tikros klasės uždavinius. Norint spręsti kitokius uždavinius, tinklą tenka apmokyti iš naujo.

Konektionistai intelektą sutapatina su gebėjimu mokytis, laikydami, kad intelektas – tai gebėjimas kaupti patirtį ir iš jos mokytis.

Nors nei viena iš čia išvardintų teorijų nėra pajėgi pilnai atskleisti intelekto esmę, bet kiekviena iš jų akcentuoja tam tikrus esminius intelekto bruožus ir todėl, sisteminiu požiūriu, tos teorijos viena kitą papildo. Jų sintezė leidžia susidaryti pilnesnę intelekto sampratą, nors vis dėl to dar ne tokia, kuri galėtų būti tapati DI griežtąja prasme sampratai ir leistų tokia DIS sukonstruoti.

Su DI teorijomis glaudžiai susijusi **dirbtinės gyvybės teorija**, siekianti kurti sistemas, kurios turėtų gyvoms būtybėms būdingų savybių (daugintųsi, augtų, evoliucionuotų, ugdytų savo intelektą). Žinomiausias tokios sistemos pavyzdys – kompiuterinis virusas. Tokių virusų kūrėjai, pridarydami daug žalos, tuo pačiu, galbūt net nesąmoningai, padeda spręsti dirbtinės gyvybės ir dirbtinio intelekto sukūrimo problemas.

Skaitytojams, norintiems detaliau susipažinti su dirbtinio intelekto sistemų teorijomis, rekomenduočiau knygas [106, 317, 318, 319].

Analizuojant ir apibendrinant praktinius darbus dirbtinio intelekto sistemų kūrimo srityje, galima išskirti **dvi DI kūrimo (tiksliau, artėjimo prie jo sukūrimo) metodologijas**: fizinio bei matematinio struktūrinio modeliavimo ir informacinio funkcinio modeliavimo (intelektualios veiklos imitavimo informaciniame lygmenyje, naudojantis šiuolaikine kompiuterine technika).

Pirmąją metodologiją, kaip jau buvo minėta, būtų galima pavadinti **fizinio ir matematinio struktūrinio modeliavimo metodologija**. Ji, remdamasi mums jau žinomu struktūrų izomorfizmo dėsniu, orientuoja dirbtinio intelekto kūrėjus į tokių

struktūrų konstravimą, kurios, siekdamos tapti izomorfiškomis atitinkamoms smegenų ir nervų tinklų struktūroms, galėtų atlikti funkcijas, panašias į smegenų ir nervų tinklų atliekamas funkcijas. Teorinius šios metodologijos pamatus padėjo jau mums žinomo N. Vynerio (N. Wiener) ir V. Makkalocho (W. McCulloch) darbai, o tarp žymiausių praktinių darbų derėtų paminėti dar 1957 m. amerikiečio mokslininko Frenko Rozenblato (F. Rosenblatt) sukonstruotus įrenginius, pavadintus **perceptronais**. Perceptronuose tinklai, sudaryti iš slenkstinių elementų (žiūr. 1.16.1.5.6. skyrelį), modeliuoja **neuroninius tinklus** ir jų funkcionavimą, atliekant atitinkamas (pavyzdžiui, atpažinimo) nervų sistemai būdingas funkcijas.

Vėliau paaiškėjo, kad šiuolaikinė technika ir šiuolaikinės technologijos yra dar per silpnos, kad galima būtų sukurti pakankamai adekvatų net tokio paprasto kaip, pavyzdžiui, skruzdėlės nervų tinklo, turinčio mažiau nei 1000 neuronų, techninį modelį, nekalbant jau apie žmogų, kurio nervų tinkle veikia daugiau nei 10^{10} neuronų. Todėl nervų tinklų tiesioginio fizinio modeliavimo metodologija, kuriant dirbtinio intelekto sistemas, šiuo metu vargu ar jau gali būti efektyviai taikoma, bet **neuroninių tinklų informacinis modeliavimas kompiuteriuose, „apmokant“ tuose tinkluose dalyvaujančius neuronų modelius ir adaptuojant juos kolektyviniam tų ar kitų funkcijų vykdymui**, gali būti taikomas, sprendžiant priimtinių strategijų pasirinkimo, optimizavimo, klasifikavimo, vaizdų atpažinimo ir kitus panašius uždavinius. Tačiau toks neuroninių tinklų modeliavimo idėjos taikymas yra labai artimas jau ne tik pirmajai, bet ir antrajai dirbtinio intelekto kūrimo metodologijai.

Antroji metodologija – tai **informacinio modeliavimo (intelektualios veiklos imitavimo informaciniame lygmenyje), naudojantis šiuolaikiniais kompiuteriais, metodologija**. Kadangi kompiuterinė technika randa vis platesnį praktinį pritaikymą ir dėl šios priežasties labai sparčiai vystosi, tai ši metodologija šiandien yra vyraujanti metodologija dirbtinio intelekto sistemų (tiksliau, DIS negriežtąja prasme) kūrimo srityje.

Susiformavo net kelios dirbtinio intelekto sistemų kūrimo kryptys, kurios tarnauja kompiuterinės technikos ir jos matematinės įrangos tobulinimo tikslams, kompiuterinių sistemų interfeiso intelektualizavimo ir naujų informacinių technologijų, skirtų naujų uždavinių sprendimui, kūrimo tikslams. Kompiuterinės technikos ir kompiuterinių informacinių technologijų progresas ne tik sudaro sąlygas dirbtinio intelekto sistemų kūrimui bei tobulinimui, bet ir stimuliuoja šiuos darbus, nes, veikiant atbulinio ryšio efektui, **dirbtinio intelekto sistemų evoliucija prisideda prie kompiuterinių informacinių technologijų tobulinimo**.

Galima išskirti **keturias pagrindines kryptis**, kuriomis vykdomi dirbtinio intelekto sistemų kūrimo teoriniai ir praktiniai darbai:

- 1) bandymai kurti bei techniškai realizuoti intelektualiai veiklai būdingų procesų informacinius modelius (kompiuterines jų programas) ir modeliuoti gyvųjų organizmų nervų sistemoms būdingų struktūrų funkcionavimą;

- 2) kompiuterinės technikos ir žmogaus bendravimo procesų intelektualizavimas bei automatizavimas;

- 3) sudėtingų uždavinių sprendimo technologijų kūrimas ir taikymas, pasitelkiant dirbtinio intelekto priemones bei kuriant kompleksines dirbtinio ir natūralaus intelekto sąveikavimo sistemas;

- 4) robotechnikos intelektualizavimas.

Šios sritys gali būti išskiriamos tik sąlyginai, siekiant darbų, vykdomų dirbtinio intelekto srityje, sistematizavimo ir jų apžvalgos struktūrizavimo. Tikrovėje šios kryptys gana dažnai persipina, nes naudingus pasiekimus vienoje kryptyje tuoj pat stengiamasi panaudoti ir kitose kryptyse.

Pirmajai kryptčiai priklauso darbai, šiuo metu turintys daugiau teorinę, fundamentinę, negu jau dabar realiai apčiuopiamą rimtą praktinę reikšmę. Tai bandymai kurti ir tobulinti programinę įrangą, imituojančią įvairių rūšių intelektualios kūrybinės veiklos atlikimą (teoremų įrodinėjimą, geometrinių figūrų, įvairių vaizdų bei situacijų atpažinimą, žaidimą šachmatais ir kitus intelektualius žaidimus, vertimą iš vienos kalbos į kitą, eilėraščių rašymą, muzikinių melodijų kūrimą ir t. t.), bei bandymai sukurti universalų bet kurio tipo uždavinių sprendėją – universalų algoritmą. Šiais darbais siekiama ne tiek greito jų praktinio pritaikymo, kiek išsiaiškinti, kaip vyksta žmogaus intelektualiai kūrybinei veiklai priskiriami kūrybiniai procesai, kokios tipinės procedūros bei metaprocedūros juose galėtų būti taikomos, kokia formalia kalba būtų galima visus tokius procesus pakankamai adekvačiai ir pakankamai konstruktyviai aprašyti.

Šiai kryptčiai galima priskirti ir darbus, atliktus bei atliekamus vadovaujantis jau minėtąja neuroninių tinklų ir jų vykdomų funkcijų fizinio struktūrinio modeliavimo metodologija.

Antrajai kryptčiai, kaip rodo jos pavadinimas, priklauso darbai, skirti kompiuterinės technikos bei jos programinės įrangos tobulinimui, siekiant intelektualizuoti žmogaus bendravimą su kompiuteriu, darant tą bendravimą panašų į žmogaus bendravimą su žmogumi, specialisto bendravimą su kitu šios srities specialistu.

Kompiuterinės eros pradžioje galutinis vartotojas, t. y. tas žmogus ar ta žmonių grupė, kuriems buvo reikalingas kokios nors sudėtingos problemos sprendimas, reikalaujantis daug skaičiavimų bei didelio informacijos kiekio apdorojimo, nebendravo ir negalėjo tiesiogiai bendrauti su kompiuteriu, nes tiesioginiam bendravimui, kuris tuo metu buvo gana sudėtingas, reikėjo specialių žinių ir įgūdžių, kurių galutinis vartotojas (kaip ir dauguma kitų žmonių) tuomet neturėjo. Dažniausiai su galutiniu vartotoju tuomet bendraudavo matematikas–analitikas. To bendravimo metu būdavo patikslinama vartotojui iškilusios problemos formuluotė, ta problema būdavo suskaidoma į atskirus uždavinius, suformuluojamos tų uždavinių sąlygos, sudaromi jų matematiniai modeliai ir surandami tų uždavinių sprendimo algoritmai. Tas galutinio vartotojo ir matematiko–analitiko bendravimas nebuvo lengvas ir paprastas darbas, nes dažniausiai matematikui–analitikui trūkdavo specialių žinių iš galutinio vartotojo darbo srities, kad jis galėtų pakankamai pilnai ir pakankamai giliai suprasti galutinį vartotoją ir jo problemas, o galutiniam vartotojui stigdavo matematinių žinių, kad pilnai suprastų matematiką–analitiką, jo siūlomus matematinius modelius ir algoritmus. Todėl tekdavo sugaišti daug laiko ir padėti nemažai pastangų iš abiejų pusių, kol abi pusės išmokdavo kalbėtis, suprasdamos viena kitą, kol pasiekdavo tokį tarpusavio supratimo lygį, kad galėtų padėti viena kitai, siekiant bendro tikslo – matematinių modelių sukūrimo ir algoritmų suradimo. Neretai pasitaikydavo, kad dėl nepakankamai pilno ir nepakankamai gilaus bendrai sprendžiamos problemos ir jos sprendimo metodų supratimo būdavo sudaromi matematiniai modeliai visai ne tų uždavinių, kuriuos reikėjo išspręsti, kad būtų išspręsta galutiniam vartotojui iškilusi problema.

Matematikas–analitikas, jau turėdamas spęstinių uždavinių matematinius modelius ir žinodamas jų sprendimo metodus, tuomet irgi dar nebendraudavo tiesiogiai su kompiuteriu, nes tada matematikas–analitikas dar neturėjo ir negalėjo turėti pakankamų programavimo žinių bei įgūdžių. Todėl matematikas–analitikas bendraudavo su programuotoju, jau mokančiu programuoti ir turinčiu pakankamai matematinių žinių, kad galėtų teisingai suprasti matematiką–analitiką. Tačiau jei spęstinių uždavinių matematiniai modeliai būdavo sudėtingi, o jų sprendimui būdavo

reikalingi specialūs, ne kiekvienam matematikui žinomi ir suprantami metodai, irgi išskildavo nemažai sunkumų, o kartais pasitaikydavo nesusipratimų bei klaidų.

Programuotojas, sudaręs kartu su matematiku–analitiku programavimo užduotis, sukurdamas programas, turėsančias realizuoti spęstinių uždavinių sprendimo algoritmus kompiuteryje. Tas programos ir programų veikimo patikrinimui reikalingus duomenis programuotojas perduodavo operatoriams, kad pastarieji visa tai perkeltų į informacijos užrašymui skirtas laikmenas (perfokortas, perfojuostas, magnetines juostas), nuo kurių tą informaciją jau galėtų perskaityti kompiuterinės įrangos periferijai priklausantys įvedimo įrenginiai. Informacijos perkėlimo į laikmenas darbą tekdavo pavesti operatoriams todėl, kad nebūdavo tikslinga brangų aukštos kvalifikacijos specialisto – programuotojo – laiką eikvoti stuksenimui pirštu į atitinkamus klavišus, t. y. darbui, reikalaujančiam atitinkamų įgūdžių bei didelio atidumo, bet nereikalaujančiam aukštos matematinės kvalifikacijos. Informacijos įvedimas iš laikmenų į kompiuterį ir programos paleidimas bei jos veikimo patikrinimas būdavo pavedamas jau kitiems operatoriams, dirbantiems prie ESM centrinio pulto. Kadangi ir programuotojas ir operatoriai gana dažnai įveldavo nemažai klaidų, tai sudarytos programos derinimas neretai pareikalaudavo nuo kelių iki keliolikos ciklų, jungiančių ESM, jos centrinio pulto operatorių ir programuotoją, t. y. nuo kelių iki keliolikos sudarytos programos pataisymų, o tai užimdavo labai daug laiko (nuo kelių dienų iki kelių savaitių), kol suderinta programa su programos išbandymui pateiktais duomenimis ir jos darbo rezultatais pasiekdavo matematiką–analitiką.

Šiam aptariant tuos rezultatus su galutiniu vartotoju neretai paaiškėdavo, kad būtina tobulinti matematinius modelius ir uždavinių sprendimo algoritmus, o tai reikšdavo, kad vėl reikia pradėti viską iš naujo – nuo naujų modelių sudarymo ir programavimo iki programos derinimo. Ir tai galėdavo pasikartoti net kelis kartus, kol galų gale būdavo gaunama programa ar programų paketas, tinkami galutinio vartotojo problemos išsprendimui reikalingų uždavinių sprendimui. Tik tuomet prasidėdavo realių uždavinių sprendimas su realiais duomenimis, kurio metu neretai išskildavo poreikis tobulinti sudarytąją programinę įrangą, o kartais – ir sudarytus matematinius modelius. Todėl galutinis vartotojas gaudavo jam reikalingus galutinius rezultatus tik po kelių mėnesių, skaičiuojant nuo to laiko, kai jis pirmą kartą susitiko su matematiku–analitiku ir pradėjo su juo aptarinėti tą problemą, kurią reikėjo išspręsti. Kitaip tariant, visas kompiuterinės technikos greitaiegiškumas, galima sakyti, beveik nueidavo „šuniui ant uodegos“. Ir tai atsitikdavo ne tiek dėl techninių, kiek dėl organizacinių priežasčių. Jei su tokia padėtimi buvo galima taikstyti moksliniuose tyrimuose, tai uždavinių sprendimo kompiuterizavimas šalies ekonomikos bei įmonių valdyme pasiteisindavo tik kuriant daugkartinio naudojimo programinę įrangą, t. y. tik sprendžiant reguliariai pasikartojančius uždavinius. Kompiuterinės technikos panaudojimas, sprendžiant vienkartinės sudėtingas problemas ekonomikos bei įmonių valdyme, retai kada pateisindavo save, nes gana dažnai per programinės įrangos parengimo laiką situacija suspėdavo taip pasikeisti, kad reikėdavo spręsti jau kitas problemas ir jau kitomis sąlygomis. Reikėjo būtinai tobulinti programinės įrangos parengimo ir panaudojimo procesą, tobulinant žmogaus ir kompiuterio interfeisą.

Ir ši interfeiso „žmogus–ESM“ tobulinimo problema buvo sprendžiama iš „abiejų galų“: iš vienos pusės žmogus buvo artinamas prie ESM, o iš kitos pusės – ESM, jos techninė ir programinė įranga buvo artinama prie žmogaus.

Artinant žmogų prie ESM buvo įvestas specialus žmonių apmokymas darbui su kompiuteriu: iš pradžių aukštosiose, o po to – ir vidurinėse mokyklose. Taip pat buvo sustiprinti reikalavimai inžinierių, ekonomistų ir kitų specialistų matematiniam

pasirengimui, kad pastarieji, tapdami galutiniais vartotojais, galėtų efektyviau bendrauti su matematikais–analitikais ar net iškart su programuotojais, turinčiais pakankamą matematinį išsilavinimą. Atsirado ir tokių galutinių vartotojų, kurie sugebėdavo ne tik formalizuoti jiems iškilusias problemas, sukurdami reikalingus matematinius modelius, bet ir pasinaudoti specialiais programų paketais ar net suprogramuoti savo uždavinių sprendimui reikalingus programų modulius.

Nors tokių specialistų skaičius labai sparčiai augo, tačiau to dar nepakako susidariusios padėties ištaisymui, nes ne visi specialistai panoro ir sugebėjo išmokti bendrauti su kompiuteriu ir kurti jo darbui reikalingas programas, o be to juk būtų buvę absurdiška siekti, kad matematikais ir programuotojais taptų didžioji visuomenės dalis.

Reikėjo spręsti šią jau spėjusią įsisenėti problemą ir „iš antro galo“ – reikėjo intelektualizuoti kompiuterinę techniką ir jos programinę įrangą, kad žmogaus bendravimas su kompiuteriu pasidarytų žmogui patogesnis ir lengvesnis, kad to bendravimo technologijos įsisavinimas pareikalautų iš žmogaus kuo mažesnių pastangų bei kuo trumpesnio laiko. Štai čia ir paaiškėjo, **kad darbai dirbtinio intelekto srityje yra ne tiktai įdomūs pažintine prasme, bet gali atnešti ir nemažą praktinę naudą.** Taip atsirado antroji darbų dirbtinio intelekto kūrimo srityje kryptis, kuri neprarado savo aktualumo iki šių dienų.

Paaiškėjo, kad **norint supaprastinti žmogaus bendravimą su kompiuteriu, reikia ir galima žymiai išplėsti to bendravimo kanalų skaičių**, t. y. kad tame bendravime galima ir naudinga naudotis ne tik skaičiais ir raidėmis bei kitais sutartiniais simboliais, bet ir paveikslėliais, įvairia grafika, „pelės“ ir kitokių valdymo įrenginių judesiais ir net žmogaus balsu pasakytomis komandomis, kad duomenis galima įvedinėti ne tik spaudant klavišus, bet ir nuskaitant spausdintus ar net pakankamai įskaitomai ranka parašytus tekstus bei skenuojant įvairius vaizdinės informacijos šaltinius, o taip pat tiesiogiai iš įvairių matavimo prietaisų bei kitų daviklių.

Taip pat paaiškėjo, kad **nepakanka kompiuteriuose kaupti ir turėti duomenų bankus, kad reikia ir naudinga tuos bankus pakeisti žinių bankais.** Kadangi žinių bankai – labai svarbi ekspertinių sistemų sudedamoji dalis, apie kurią šioje mokymo priemonėje bus gana plačiai kalbama šiek tiek vėliau, aprašant ekspertines sistemas ir jų ir jų veikimą, tai čia aš apie žinių bankus pasakysiu tik tiek, kad jie skiriasi nuo duomenų bankų visų pirma tuo, jog juose duomenys laikomi ne pabirai, bet yra surišti bei įvardinti, ir todėl gali būti paties kompiuterio interpretuojami kaip tam tikrų modelių sudėtinės dalys bei jų parametrų reikšmės, o taip pat paties kompiuterio panaudoti naujos informacijos loginiam išvedimui.

Paaiškėjo taip pat, kad intelektualizuojant interfeisą „žmogus – kompiuteris“ reikalinga ir galima tobulinti kompiuterių vidinę programinę įrangą, skirtą kompiuteryje vykdomų procesų valdymui, t. y. tobulinti sisteminių programuotojų kuriamas operacines sistemas, įvedant jose specialius blokus dialogo tarp žmogaus ir kompiuterio organizavimui ir valdymui.

Paskirstyto kompiuterinio laiko sistemų, terminalų ir personalinių kompiuterių bei jų tinklų atsiradimas ir terminalų bei personalinių kompiuterių aprūpinimas intelektualizuoto bendravimo „žmogus–kompiuteris“ priemonių sistemomis leido taip supaprastinti to bendravimo organizaciją, kad tarp galutinio vartotojo ir kompiuterio būtų tarpininkai daugumoje atvejų tapo nebereikalingi. Dėl to pats bendravimas tapo ne tik nepalyginamai operatyvesnis, bet ir žymiai efektyvesnis bei patikimesnis ir pigesnis. **Toks kompiuterinės technikos priartėjimas prie žmogaus, kuris buvo pasiektas sukuriant personalinius kompiuterius ir intelektualizuojant interfeisą**

„žmogus–kompiuteris“, sudarė sąlygas tam, kad per labai trumpą laiką kompiuterinė technika ir naujos informacinės technologijos tapo ne tik pagrindiniu mokslo, technikos ir įvairiausių gamybos procesų progreso varikliu, bet ir pradėjo labai intensyviai skverbtis ir į visas kitas žmogaus ir visuomenės gyvenimo sritis, tame tarpe ir į kasdieninę žmogaus buitį. Susidarė sąlygos kurtis informacinei visuomenei, apie ką bus kalbama 1.16.4. poskyryje.

Trečioji darbų dirbtinio intelekto kūrimo ir taikymo srityje kryptis irgi turi didelę praktinę reikšmę, nes tų darbų tikslas – padėti visuomenei ir atskiram žmogui spręsti tokias problemas, kurios anksčiau buvo arba visai nesprendžiamos, nes ir negalėjo būti išspręstos, arba buvo sprendžiamos tik dalinai bei labai neefektyviai.

Išvardinant svarbiausius pasiekimus, kurie buvo gauti einant šia kryptimi, derėtų paminėti:

1) intelektualias informacijos kaupimo, paieškos ir perdavimo sistemas, dabar išaugusias į tokias beveik visą pasaulį apimančias elektronines informacines sistemas kaip **internetas** su savo paieškos sistemomis (pavyzdžiui, „Google“) bei **elektroninis paštas**; tokių sistemų reikšmė ir nauda tiek visiems žinoma ir tiek akivaizdi, kad nereikalauja jokių papildomų paaiškinimų;

2) intelektualūs taikomųjų programų paketai ir automatizuotos jų naudojimo sistemos, tame tarpe ir **automatizuotos sudėtingų sistemų imitacinio modeliavimo bei automatizuotos sudėtingų sistemų projektavimo sistemos**; apie visa tai bus gana išsamiai kalbama antroje šios mokymo priemonės dalyje, todėl čia šios temos nenagrinėsime;

3) sudėtingų problemų kolektyvinio sprendimo intelektualizuotos ir automatizuotos sistemos, sudarytos kompiuteriniuose tinkluose ir veikiančios dialogo režime; apie tokias sistemas bus kalbama 1.16.4. poskyryje, o taip pat antroje šios mokymo priemonės dalyje, todėl čia šios temos taip pat nenagrinėsime;

4) ekspertinės sistemos; apie šias sistemas bus kalbama šiame skyrelyje šiek tiek vėliau, nes tai yra antroji pagrindinė šio skyrelio tema.

Ketvirtoji darbų dirbtinio intelekto srityje kryptis, kaip jau minėta, yra robototeknikos, t. y. atskirų robotų ir jų kolektyvinio bendravimo intelektualizavimas. Šios krypties tematika tiek plati ir jos specifika tiek savita, jog ji išeina už sistematikos kurso ribų, ir šios temos pakankamai išsamiam išdėstymui prireiktų atskiros gana storos knygos. Čia apsiribosiu tik robotų kartų išvardijimu ir trumpu jų apibūdinimu, leidžiančiu parodyti, kad robototeknika vystosi jos intelektualėjimo kryptimi.

Pirmoji robotų karta – tai elektromechaniniai manipulatoriai, sugebantys atlikti tik kai kuriuos šabloninius veiksmus, bei pastovias tokių veiksmų sekas.

Antrosios kartos robotai yra jau žymiai universalesni ir gali būti taikomi žymiai platesnio darbų spektro atlikimui. Šios kartos robotai turi savo sudėtyje jų veiklą valdančius kompiuterius, kurių programas galima gana greitai pakeisti ir tokiu būdu galima greitai keisti robotų atliekamus darbus bei jų sekas.

Trečiosios kartos robotai turi ne tik kompiuterius su programų paketais, bet ir sensorius bei grįžtamojo ryšio sistemas. Gaudami informaciją iš savo aplinkos bei informaciją apie savo veiklos rezultatus, šios kartos robotai sugeba atlikti ne tik programų paketuose numatytus darbus, bet ir racionaliai reguluoti į tuos robotus supančios aplinkos poveikius bei pasikeitimus. Sudėtingesni šios kartos robotai jau sugeba kaupti patirtį ir mokytis, t. y. elgtis vis racionaliau ir racionaliau, vis labiau prisitaikydami prie evoliucionuojančios aplinkos, jei tik toje aplinkoje neįvyksta kokių nors katastrofų ar kitų į jas panašių revoliucinių pokyčių, neišplaukiančių iš robotų jau sukauptos patirties ar net prieštaraujančių robotų sukauptai patirčiai.

Ketvirtosios kartos robotai, turėdami bendrus sensorinius ir valdymo tinklus, jau sugeba racionaliai elgtis ne tik pavieniui, bet ir kaip suderintai ir tikslingai veikiantys **robotų kolektyvai**. Tokių robotų kolektyvų automatiniai bei automatizuoti valdymo tinklai, būdami sujungti su ekspertinėmis sistemomis, apie kurias šiame skyrelyje dar kalbėsime, gali paversti ne tik gamybines linijas, bet ir ištisus fabrikus automatiškai funkcionuojančiomis didžiulėmis mašinomis, galinčiomis veikti visai be žmonių. Tokiems robotizuotiems fabrikams jau nebereikalingi ne tik darbininkai, bet ir administracijos personalas. Jiems reikalingi tik operatoriai, palaikantys visą tokio automatiškai veikiančio fabriko techninę ir informacinę bei programinę įrangą darbinėje būklėje ir sugebantys, reikalui esant, perprogramuoti tos įrangos darbą bei suremontuoti sugedusią techninę įrangą.

Penktoji robotų karta, kuri dabartiniu metu dar tik formuojasi, turės dar daugiau bruožų, priartinančių jos atstovų intelektą prie gyvūnų ir žmogaus intelekto, ir todėl tokių robotų tarpusavio bendravimo ir bendravimo su žmonėmis lygis taps žymiai intelektualesnis. Tai **intelektualiųjų robotų karta**. Tačiau tolimesnis dirbtinio intelekto tobulinimas, norint suteikti jam vis daugiau gyvūnų ir žmogaus intelekto bruožų, susiduria su rimtomis teorinėmis problemomis, kurias reiktų paminėti.

Todėl, baigdamas dirbtinio intelekto sistemų raidos krypčių trumpą apžvalgą, atkreipsiu skaitytojo dėmesį į vieną tos raidos ypatumą, kuris atrodo šiek tiek paradoksaliai, lyginant tą raidą su atskiros žmogaus intelekto vystymosi etapų seka.

Dar 1969 m. Kalifornijos universiteto (JAV) mokslinis darbuotojas L. Šikloši, analizuodamas dirbtinio intelekto sistemų raidą ir lygindamas ją su atskiros žmogaus intelekto raida, sudarė lentelę, nustebinusią daugelį dirbtinio intelekto specialistų [106].

Pasirodė, jog dirbtinio intelekto raida vyksta, galima sakyti, beveik atvirkštine tvarka: tai, ką žmogus išmoka anksčiausiai (dar būdamas kūdikis ir vaikas), kompiuterizavimui pasiduoda sunkiausiai, o tai, su kuo žmogus susipažįsta aukštosiose mokyklose, buvo kompiuterizuota pirmoje eilėje, t. y. anksčiau negu vaikystės metu žmogaus įsisavinta veikla.

Pavyzdžiui, pirmosios programos, sugebančios automatiškai gauti išvadas formaliose aksiomatinės logikos sistemose, su kuriomis supažindinami tik kai kurių fakultetų aukštųjų mokyklų studentai, buvo sukurtos dar 1956 m., o projektas „akiskranka“, kuris buvo skirtas roboto apmokymui valdyti savo „rankos“ judesius, atsižvelgiant į informaciją, ateinančią iš aplinkos per roboto „akis“, pasirodė tik 1968 m., nors su tokiomis užduotimis sugeba susidoroti jau 2–3 metų vaikai. Ir panašių paradoksalių palyginimų minėtoje Šikloši lentelėje pateikta nemažai. Todėl tokį reiškinių jau negalima laikyti grynai atsitiktiniu. Labiau tikėtina, kad tie reiškiniai atspindi tam tikrą dėsningumą.

L. Šikloši pastebėtas reiškinys nustojo atrodyti paradoksaliai, kai paaiškėjo, kad žmogaus didžiųjų smegenų pusrutuliai ne dubliuoja vienas kitą, kaip buvo manyta anksčiau, o atlieka skirtingus vienas kitą papildančius vaidmenis: kairysis pusrutulis, valdantis dešinėsios žmogaus kūno dalies sąmoningus judesius, priima ateinančią per jutimo organus informaciją, suskaidytą į elementus, analizuoja tą informaciją, identifikuodamas tuos elementus ir logiškai jungdamas juos į stebimų reiškinių bei daiktų koncepcinius (semantinius) modelius, išreiškia tai mintimis bei kalba, naudodamasis antrinės signalinės sistemos sutartiniais ženklais – kalbos žodžiais, dėl ko ir vadinamas **verbalinio racionalaus mąstymo pusrutuliu**; dešinysis smegenų pusrutulis, valdantis kairiąją žmogaus kūno dalį, operuodamas ištisiniais (t. y. nesuskaidytais į atskirus jutiminius elementus) stebimos situacijos ir jos objektų atvaizdžiais žmogaus sąmonėje ir suteikdamas jiems asmeninio vertinimo bei

jausminius atspalvius, atlieka simultaninio asociatyvinio atpažinimo, situatyvinio klasifikavimo ir emocinio vertinimo funkcijas. Todėl šį pusrutulį galima būtų pavadinti **asociatyvinio intuityvaus mąstymo ištisiniais vaizdais ir emocinio vertinimo pusrutuliu**. Jo veiklos rezultatus ne visada įmanoma pakankamai pilnai aprašyti žodžiais, nes jie yra išreikšti ne kalba, o ištisiniais vaizdais, emocijomis bei intuityviomis nuojautomis.

Kadangi žmogaus didžiųjų smegenų kairiojo pusrutulio veiklos rezultatai gali būti išreikšti natūralios, o taip pat ir dirbtinių kalbų žodžiais bei sakiniais, tai ta veikla gali būti dekomponuojama į elementus ir algoritmizuojama. Todėl ta veikla, nors kartais yra ir gana sudėtinga, gali būti modeliuojama bei imituojama kompiuteriais ir kitomis šiuolaikinio dirbtinio intelekto priemonėmis.

Dešiniojo pusrutulio veiklos rezultatai negali būti pilnai išreikšti ir pilnai aprašyti vien tik natūralios ar kurios nors dabar egzistuojančios dirbtinės kalbos žodžiais, o to pusrutulio atliekamos procedūros negali būti pilnai aprašytos kokia nors dabar vartojama algoritmine kalba. Todėl tų procedūrų ir nepavyksta modeliuoti bei pakankamai adekvačiai imituoti šiuolaikiniais kompiuteriais bei kitomis techninėmis priemonėmis. Juk modeliuoti įmanoma tik tai, ką pakankamai gerai suvokėme ir jau mokame atlikti.

Galima teigti, jog pagrindinis dabartinio dirbtinio intelekto požymis, skiriantis jį nuo žmogaus intelekto, glūdi kaip tik tame, kad **dabartinis dirbtinis intelektas dar nesugeba atlikti dešiniojo žmogaus didžiųjų smegenų pusrutulio funkcijų**. Kol kas dar net neaišku, kada ir kaip bus galima sumodeliuoti dešiniajame žmogaus didžiųjų smegenų pusrutulyje vykstančius procesus, kurių prigimtį mes kol kas tik nujaučiame, bet dar pakankamai gerai nesuprantame ir nesugebame žodžiais aprašyti bei paaiškinti.

Reikia pažymėti, kad dirbtinis intelektas šiandien dar nesugeba pakankamai gerai atlikti ir didelės dalies kairiojo smegenų pusrutulio funkcijų, nors nemažą tų funkcijų dalį kompiuteriais jau galima atlikti net žymiai geriau ir greičiau, negu tai darytų žmogus be kompiuterio. Todėl **dirbtinio intelekto kūrimo srityje šiandien labiau perspektyvi žmogaus ir dirbtinio intelekto „simbiozės“ kryptis, pasireiškianti ne tik kuriant automatizuotas valdymo, projektavimo, matematinio modeliavimo ir matematinio eksperimentavimo bei informacinės paieškos sistemas, bet ir taip vadinamas ekspertines sistemas, kurios ilgainiui evoliucionuos į „kolektyvinio proto“ sistemas**.

Vargu ar įmanoma sukonstruoti pakankamai tikslų ir tuo pačiu metu pakankamai kompaktišką **ekspertinės sistemos** apibrėžimą, kuris leistų skaitytojui iškart susikurti pakankamai adekvatų ekspertinės sistemos koncepcinį modelį.

Toks modelis gali susiformuoti skaitytojo galvoje tik palaipsniui, susipažįstant su ekspertinių sistemų paskirtimi, jų sandara, pagrindinėmis savybėmis, jų funkcionavimu ir kūrimo istorija.

Pradėsiu nuo ekspertinių sistemų paskirties aprašymo ir pagrindinių savybių išvardijimo.

Ekspertinės sistemos, tai kompiuterinės sistemos, kurios yra orientuotos į tam tikros (dažniausiai siauros) srities specialistų informacinį aptarnavimą. Jose yra kaupiamos specialios žinios, gaunamos iš labiausiai patyrusių toje srityje specialistų – ekspertų, bendraujant su jais tiesiogiai ir netiesiogiai (iš tų ekspertų parašytų straipsnių, knygų, mokslinių darbų ataskaitų ir t. t.). Tos žinios yra kaupiamos ekspertinių sistemų žinių bankuose tokia forma, kad kompiuteriui būtų patogų tuose žinių bankuose rasti ar išvesti atsakymus į klausimus, kurie galėtų iškilti tos srities mažiau patyrusiems specialistams jų praktiniame darbe. Todėl, pavyzdžiui, medicininės ekspertinės sistemos vartotojais (klientais) galėtų būti (ir jau tampa) jauni

dar neturintys didelės patirties gydytojai, bandantys nustatyti savo pacientams jų negalavimų teisingą diagnozę bei paskirti jiems teisingą gydymą, tačiau dar abejojantys savo nuomonės teisingumu ir jaučiantys poreikį pasikonsultuoti su labiau patyrusiais kolegomis. Analogiškai, geologinės ekspertinės sistemos klientais galėtų tapti (ir jau tampa) jauni geologai, susidūrę su sunkumais, bandant nustatyti geologinės ekspedicijos metu surinktų mineralų tapatybę. Tobulėjant ekspertinėms sistemoms, jų klientais tampa ne tik jauni, bet ir patyrę įvairių sričių specialistai, nes ekspertinių sistemų žinių bankuose sukaupiama tiek daug vertingos informacijos, gautos iš įvairių ekspertų, kad ši jau nebegalėtų būti sukaupia ir išlaikoma kokio nors vieno, kad ir labai patyrusio, eksperto galvoje.

Šiuolaikinėms ekspertinėms sistemoms būdingos šios **pagrindinės savybės**:

1) kiekviena ekspertinė sistema (bent jau kol kas) yra gana siaurai specializuota, t. y. skirta tik tam tikrai, gana ribotai ekspertizių sričiai;

2) ekspertinės sistemos taip organizuoja dialogą su savo klientais, kad sugeba rasti teisingą atsakymą ir duoda savo klientui teisingą ir naudingą patarimą net tada, kai jai pateikiama ekspertų bei ekspertinės sistemos klientų informacija nėra griežtai apibrėžta bei pakankamai tiksli;

3) klientui pageidaujant, ekspertinė sistema sugeba paaiškinti, iš kur ir kaip ji gavo jos suformuotą atsakymą ar rekomendaciją, pateikdama klausiančiajam jam suprantama forma visą ekspertinės sistemos ekspertizės metu atliktų samprotavimų grandinę, parodančią, kaip ekspertinė sistema, remdamasi savo žinių banke sukauptomis žiniomis bei išvedimo taisyklėmis ir kliento pateiktais faktais, išvedė savo atsakymą ir rekomendacijas, kad klientas galėtų tai patikrinti ir įsitikinti ekspertinės sistemos gautų išvadų pagrįstumu;

4) ekspertinės sistemos konstruojamos taip, kad gali mokytis ir tobulėti, turtindamos ir tobulindamos savo žinių bankus, o taip pat atsakymų bei patarimų išvedimo taisyklių sistemą;

5) ekspertinės sistemos – didelę praktinę naudą jau duodantis ir turintis dar didesnes praktinio taikymo perspektyvas mokslo ir kompiuterinės technikos pasiekimas, leidžiantis plačioms mažiau patyrusių specialistų masėms operatyviai naudotis labiau patyrusių specialistų patirtimi ir žiniomis, lyg ir bendraujant su tais specialistais, kai iš tikrųjų tų specialistų šalia ekspertinės sistemos klientų nėra;

6) ekspertinės sistemos ypatingai naudingos diagnozuojant bei prognozuojant tose srityse, kuriose dar nesukurta tvirtai nusistovėjusi ir gerai patikrinta praktikoje teorija su atitinkamomis formulėmis, leidžiančiomis suvesti iškilusių problemų sprendimą į atitinkamų skaičiavimo procedūrų atlikimą, o taip pat tose srityse, kuriose sunku ar neįmanoma atlikti pakankamai tikslius matavimus, bei ten, kur pakankamai aukštos kvalifikacijos specialistų dar nėra tiek daug, kad būtų galima greitai patenkinti didelį ir vis didėjantį jų poreikį;

7) ekspertinėmis sistemomis taip pat tikslinga naudotis sudėtingų sistemų valdyme, o taip pat matematiniuose eksperimentuose su sudėtingų techninių bei organizminių ir, ypač, organizacinių, ekonominių, socialinių bei ekologinių sistemų imitaciniais modeliais;

8) ekspertinės sistemos gali būti jungiamos į tinklus bei įjungiamos į informacinius tinklus, aptarnaujančius ne tik specialistus, bet ir plačiąją visuomenę; jos gali tapti (ir tampa) svarbia sudėtine kolektyvinio proto sistemų dalimi, apie kurias dar kalbėsime (žiūr. 1.16.4. poskyrį), o kai kurias sistemas jau galime laikyti kolektyvinio proto sistemomis.

Dabar trumpai apžvelgsime **ekspertinių sistemų sandarą ir jų funkcionavimo ypatumus**.

Kiekvienoje šiuolaikinėje ekspertinėje sistemoje galima rasti šiuos pagrindinius jų blokus:

- 1) bendravimo su ekspertais bei kitais ekspertinės informacijos šaltiniais, renkant ir kaupiant ekspertinės sistemos žinių bankui reikalingas žinias, **blokas**,
- 2) **žinių bankas**,
- 3) **loginių išvadų gavimo proceso valdymo blokas**,
- 4) **bendravimo su klientais ir jiems reikalingų paaiškinimų formavimo bei išvedimo blokas**.

Vidinį ekspertinės sistemos branduolį sudaro antrasis ir trečiasis jos blokai: žinių bankas ir loginių išvadų gavimo valdymo blokas. Nuo jų ir pradėsime pažinti su ekspertinės sistemos sandara ir veikimu. Po to pereisime prie paaiškinimų formavimo bloko ir baigsime pirmuoju bloku, t. y. žinių kaupimo ir žinių banko formavimo bloku.

Žinių bankas – tai duomenų banko evoliucijos dirbtinio intelekto sistemose rezultatas, pasireiškiantis tuo, kad **duomenys žinių bankuose yra organizuojami į sistemas, kuriose jie tampa žiniomis** – tikrovės bei jos dalių ir veiklos joje modeliais bei instrukcijomis.

Žinios,^{*} kaupiamos žinių bankuose, skiriasi nuo **duomenų**, kaupiamų duomenų bankuose, šiomis keturiomis **pagrindinėmis savybėmis**:

- 1) žinių, esančių žinių banke, vidinis interpretuojamumas,
- 2) jų sisteminis struktūrizuotumas,
- 3) jų asociatyvinis bei situatyvinis rišlumas,
- 4) jų aktyvumas.

Trumpai apibūdinsiu šias labai svarbias žinių bankuose kaupiamų žinių savybes.

1. Vidinis interpretuojamumas. Duomenys, kaupiami kompiuterinių sistemų duomenų bankuose, neturi vidinės semantinės interpretacijos, nes juos kompiuteris interpretuoja tik kaip dvejetainius kodus, visiškai neatsižvelgdamas į tai, ką tie dvejetainiai kodai semantiškai reiškia. Kompiuteris nuskaito tuos kodus iš tų savo atminties ląstelių, kurių adresus nurodo kompiuteryje esanti jo darbą organizuojanti programa, įvykdo su tais kodais tos programos nurodytas elementarias logines bei aritmetines operacijas ir gautus rezultatus įrašo į programos nurodytas atminties ląsteles visiškai neatsižvelgdamas į tai, ką tie kodai vaizduoja. Minėtųjų kodų semantines reikšmes, jų interpretaciją žino tik žmogus – programuotojas, sudaręs atitinkamą atitinkamų duomenų apdorojimo programą ir duomenų bankus.

Visai kitą situaciją turime žinių bankuose, kuriuose **saugomos ne tik kokių nors kiekybinių ar kokybinių rodiklių kiekybinės ar kokybinės reikšmės, išreikštos dvejetainiais kodais, bet ir tų rodiklių interpretacijos – rodiklių pavadinimai bei tarp tų rodiklių egzistuojantys santykiai, leidžiantys ne tik programuotojui, bet ir kompiuteriui nustatyti jo apdorojamos informacijos ir su ja atliekamų operacijų prasmę, semantiškai interpretuoti apdorojamą informaciją ir jos apdorojimo procesą bei gaunamus rezultatus**. Todėl, turėdamas žinių banką, kompiuteris gali rasti atsakymus ne tik į tuos klausimus, kurių ieško programuotojo sudarytoji duomenų apdorojimo programa, bet ir į eilę kitų klausimų, atsakymai į kuriuos išplaukia iš žinių banke sukauptos informacijos vidinės interpretacijos bei iš žinių banke užrašytų ir saugomų santykių ne tik tarp kokių nors rodiklių reikšmių, išreikštų skaičiais arba kodais, bet ir tarp tų rodiklių prasmių,

^{*} Žinių bankuose žodį „žinios“ reikia interpretuoti kaip angliško žodžio „knowledge“ vertimą, t. y. gana plačiai, aprėpiant šia sąvoka įprastas žinias, bet ir mokėjimus (gebėjimus) jomis naudotis.

išreikštų jų pavadinimais ir semantiniais ryšiais tarp tų pavadinimų. Susidaro įspūdis, kad kompiuteris „supranta“, ką jis daro, ir sugeba apie tai „prasmingai kalbėti“.

Žinių vidinis interpretuojamumas žymiai išplečia tų operacijų, kurias gali atlikti kompiuteris su jo atmintyje saugoma informacija, spektrą. Tampa įmanoma kompiuterizuoti ne tik formalias aritmetines bei matematinės logikos operacijas, bet ir visą eilę semantinių operacijų, pavyzdžiui, negriežtus, galinčius būti teisingais (panašius į tiesą) samprotavimus.

2. Žinių sisteminis struktūrizuotumas. Nors duomenys duomenų bankuose ir gali būti struktūrizuoti, jungiant homogeninius duomenis į atskirus failus (bylas) ir sudarant tų failų struktūras, atspindinčias egzistuojančius realiaame pasaulyje sisteminius ryšius, priklausančius tipams: „klasė – tos klasės elementas“, „visuma – dalis“, „šeima – gentis – rūšis“ ir pan., tačiau tie ryšiai bei failų struktūros duomenų bankuose neturi vidinės interpretacijos, neriša duomenų į objektų, sistemų bei procesų modelius ir todėl visa tai negali būti kompiuterio automatiškai panaudota duomenų bankų vidinei saviorganizacijai. Tuos ryšius ir tas struktūras gali panaudoti tik žmogus – programuotojas, sudarydamas atitinkamas programas. Duomenys duomenų bankuose galėtų būti laikomi ir pabirai, nestruktūrizuojant jų, nes jų struktūrizavimas duomenų bankuose nėra būtinybė.

Žinių bankuose kaupiama informacija jau iškart ir būtinai struktūrizuojama, atsižvelgiant į jau minėtus **vertikalius sisteminius ryšius**. Todėl koks nors objektas, galintis būti ar tapti kelių ar keliolikos sistemų bei posistemų tiesioginiu elementu, žinių banke yra aprašomas tik vieną kartą savo elementų lygyje, nurodant visus tiesioginius jo ryšius su kituose hierarchijos lygiuose esančiomis sistemomis bei posistemiais, kurių vidinių modelių sudarymui galėtų tiesiogiai prireikti to objekto modelio. Žinios žinių bankuose sudaro sudėtingas, dažniausiai daugiapakopės hierarchines, duomenų struktūras, kurias galima ne tik dekomponuoti į paprastesnes, bet ir jungti vertikaliais ir horizontaliais ryšiais į dar sudėtingesnes struktūras. Tai reiškia, kad žinios žinių banke yra ne chaotiškas įvairių duomenų rinkinys, **o objektų ir procesų modelių hierarchinis tinklas**, jungiantis tuos modelius čia paminėtais vertikaliais sisteminiiais ryšiais (santykiais). Struktūrizavimas, įvedant vertikalius sisteminius ryšius, leidžia žymiai sumažinti žinių banko apimtį, žymiai padidinti žinių banke sukauptų žinių rišlumą ir prasmingumą, naujų žinių išvedimo galimybes.

3. Asociatyvinis ir situatyvinis rišlumas. Ką tik minėtasis sisteminių vertikalų ryšių tinklas, jungiantis žinių banke esančias sąvokas, yra ne vienintelis. Vidinė duomenų interpretacija žinių bankuose, paverčianti tuos duomenis žiniomis – santykiuojančiais vienas su kitu sąvokų, vaizduojančių objektus ir procesus bei jų savybes, semantiniais modeliais, leidžia žinių banke atvaizduoti ir **panaudoti ne tik jau minėtus vertikalius sisteminius, bet ir horizontalius bei vertikalius asociatyvinius bei situatyvinius ryšius tarp žinių banke esančių sąvokų modelių**, t. y. kurti **asociacijų tinklus ir situacijų tipinius scenarijus**.

Asociatyviniais (asociaciniais) ryšiais (santykiais) vadinami ryšiai (santykiai), egzistuojantys tarp sąvokų, reiškiančių esybes, kurios yra kuo nors giminingos ar panašios, dėl ko žmonės, mąstydami apie kurią nors esybę (objektą, procesą, santykį ar savybę), gali automatiškai ar beveik automatiškai prisiminti kitą ar kitas esybes (objektus, procesus, santykius ar savybes), surištas tais giminytės ar panašumo asociaciniais ryšiais. Toks prisiminimas taip ir vadinamas – prisiminimu, kylančiu iš asociacijų, **asociaciniu prisiminimu**.

Asociacinis prisiminimas žmogaus sąmonėje bei pasąmonėje dažniausiai būna spontaniškas ir kyla be specialių valios pastangų. Tačiau juo galima pasinaudoti ir valingai, stengiantis prisiminti kokį nors primirštą, bet šiuo metu reikalingą

pavadinimą ar teiginį. Žmonės, norėdami ką nors lengviau ir patikimiau įsiminti bei ateityje prisiminti, specialiai naudojami įvairiomis **mnemonikos priemonėmis**, surišdami įvairias sąvokas ir jų pavadinimus įvairiais asociaciniais ryšiais, kartais sukurdami tuo tikslu **net dirbtinius asociacinius ryšius**, pasinaudodami ne tik vidinių sąvokų giminingumu, bet ir kokių nors jų požymių išoriniu ryšiu. Tokių dirbtinių asociacijų kūrimo pavyzdžiais galėtų būti kad ir specialių eiliuotų posmelių, skirtų skaičiaus π skaitmenų ar spektro spalvų sekos bei gramatikos taisyklių įsiminimo palengvinimui, kūrimas.

Situatyviniais (situaciniais) ryšiais (santykiais) vadinami tokie semantiniai ryšiai tarp sąvokų, kurie atsiranda ar gali atsirasti esamose ar galimose situacijose ir gali egzistuoti visą ar tik tam tikrą laiką tų situacijų modeliuose. Situacinių ryšių aibei priklauso: priežastiniai ryšiai, jungiantys priežastis su iš jų išplaukiančiomis pasekmėmis; ryšiai, išreiškiantys objektų erdvinis santykius bei procesų ir įvykių santykius jų vykimo ir įvykimo laiko atžvilgiu; pavaldumo bei nuosavybės santykiai ir t. t. **Įvairių natūralių kalbų tyrimai parodė, kad bazinių santykių, priklausančių pagrindinių („standartinių“) situacinių santykių aibei, yra baigtinis ir nelabai didelis skaičius (apie 200)**. Tai leidžia tikėtis, kad žinių bankuose kiekvienai specialiai ekspertizės sričiai galima sukurti semantinius tinklus, atspindinčius visus bazinius situacinius santykius. O tai reiškia, kad naudojantis žinių bankais, įmanoma konstruoti kiekvienai specialiai ekspertizės sričiai būdingus **tipinių situacijų modelius**.

4. Žinių aktyvumas. Žmogaus gaunamos ir jo atmintyje sukauptos žinios gali būti aktyvios ir daugumoje atvejų tampa tokiomis. Būtent savo turimų žinių pagrindu žmogus kelia sau savo tikslus, kurių siekdamas stengiasi atlikti veiksmus, priartinančius jį prie tų tikslų pasiekimo. Jei žmogus savo veikloje susiduria su tų ar kitų žinių trūkumu, jis aktyviai jų ieško. Surastos naujos žinios savo eile vėl inicijuoja atitinkamus žmogaus veiksmus, gali modifikuoti senus tikslus bei iškelti naujus. Šią žmogaus ir žinių savybę lietuvių kalboje labai gerai išreiškia žodis „žingeidumas“. Galima teigti, kad **šiuolaikinis mokslas, apginkluodamas žmogų naujomis žiniomis ir keldamas vis naujus ir naujus klausimus bei ieškodamas atsakymų į juos, yra pagrindinis techninio ir ekonominio progreso variklis**. Mokslo sukaupėtų žinių pagrindu gimsta naujos idėjos, atsiranda nauja technika ir naujos technologijos, didėja gamybos našumas, plėtėja produkcijos rūšių bei teikiamų paslaugų spektras, gerėja jų kokybė, didėja jų kiekis. Tik **reikėtų pasistengti mokslinį progresą labiau humanizuoti, kad mokslas galėtų sėkmingiau atlikti ne tik techninio ir ekonominio, bet ir dvasinio bei socialinio progreso variklio funkcijas**.

Galima taip pat teigti, kad tik sugebėjimo kaupti ir panaudoti žinias dėka, dėl įgimto noro žinoti vis daugiau ir išsiaiškinti tai, kas dar neaišku, žmonės išsiskyrė iš kitų gyvūnų tarpo ir sukūrė tai, ką mes dabar vadiname mokslu, civilizacija, kultūra. Taigi, **aktyvus žmogaus žinių vaidmuo yra akivaizdus**.

Tačiau duomenys, kaupiami šiuolaikinių kompiuterių atmintyje formuojamuose duomenų bankuose aktyvumo savybės neturi. Mokslo ir technikos pažanga mūsų planetoje dvidešimtajame mūsų eros amžiuje istoriškai vyko ir susiklostė taip, kad žmonės sukonstravo tokią kompiuterinę techniką ir sukūrė tokią jos informacinę ir programinę įrangą, kurioje **aktyviomis yra tik programų komandos, o duomenys duomenų bankuose yra pasyvūs**. Jie yra saugomi duomenų bankuose pasyvioje būsenoje, laukdami, kada jais pasinaudos ta ar kita kompiuterio atmintyje esanti programa, valdanti kompiuterio veiksmus, ta ar kita iš išorės atėjusi komanda. **Duomenų bankuose programos yra pirminiai elementai, operuojantys antriniais elementais – duomenimis ir gaminantys naujus duomenis**.

Pereidami nuo duomenų bankų prie žinių bankų, dirbtinio intelekto kūrimo specialistai **sukūrė tokią programinę įrangą, kuri jau sugeba organizuoti kompiuterio atmintyje kaupiamas žinias į žinių bankus taip, kad tos žinios tampa aktyviomis, panašiai kaip jos yra aktyvios žmonių mąstyme.** Ekspertinei sistemai ieškant atsakymo į jai iš išorės atėjusį klausimą, žinių banke vyksta ne tik reikiamų žinių paieška, bet ir naujų žinių generavimas turimų žinių pagrindu. Kai susiduriama su turimų žinių nepakankamumu inicijuojama trūkstamų žinių paieška žinių banko išorėje.

Pavyzdžiui, ekspertinėse sistemose užklauskas, ateinantis iš kliento kartu su jo pateikta informacija, charakterizuojančia tą situaciją, kurioje klientas susidūrė su tą užklauską iššaukusia problema, inicijuoja ekspertinės sistemos darbo pradžią, aktyvizuodamas žinių, reikalingų atsakymo užklauskiam klientui formulavimui, paiešką. Jei tos paieškos metu paaiškėja kai kurių reikiamų žinių trūkumas žinių banke, tai pats tas žinių trūkumas inicijuoja naujų žinių išvedimą, remiantis jau esamomis žinių banke žiniomis, kliento pateikta informacija bei kompiuterio atmintyje esančiomis naujų žinių išvedimo taisyklėmis.

Atsakymo klientui suformulavimo reikiamybės inicijuotas atsakymo paieškos žinių banke bei jo formavimo procesas gali susidurti ir su tokiu atveju, kai turimame žinių banke nepavyksta rasti tiek žinių, kad būtų galima suformuoti pakankamai patikimą atsakymą. Tuomet inicijuojamas ekspertinės sistemos dialogas su klientu ir su ekspertais, kurio tikslas – gauti tas reikalingas papildomas žinias, kurios leistų išvesti atsakymą į pateiktą klausimą.

Jei naujų žinių išvedimo procedūros, vykstančios ekspertinėje sistemoje jos apmokymo ar darbo metu, priveda prie loginės prieštarnos, tai tokių prieštaraų susidarymas automatiškai iššaukia procedūras, skirtas atsiradusių prieštaraų priežasčių išsiaiškinimui (pavyzdžiui, iškėlimą ekspertams arba klientui papildomų klausimų, skirtų anksčiau pateiktų teiginių patikslinimui) ir tų prieštaraų pašalinimui.

Kad žinios žinių bankuose turėtų aktyvumo savybę, jos organizuojamos į specialias **aktyvias struktūras**, panašiai kaip kompiuterio komandos yra organizuojamos į aktyvias struktūras, vadinamas kompiuterinėmis programomis ir esančiomis komandų rinkiniais, kuriuose programos vykdymo valdymas atitinkamai perduodamas iš vienos komandos į kitą. **Į žinių bankus įkomponuotos ir prie žinių bankų prijungtos kompiuterinės programos bei jų sistemos yra antriniai žinių bankų elementai, valdomi pirminių jo elementų – žinių.**

Ekspertinių sistemų žinių bankuose tų sistemų darbo metu galima išskirti dvi žinių banko dalis, atliekančias skirtingą vaidmenį.

Pirmoji dalis yra **ilgalaikio saugojimo ir naudojimo informacija**. Ši dalis formuojasi **ekspertinės sistemos kūrimo ir apmokymo metu, jai tiesiogiai ar netiesiogiai bendraujant su pakankamai patyrusiais ekspertais**, dirbančiais toje srityje, kurioje vėliau bus taikoma duotoji ekspertinė sistema, ir yra tų **ekspertų sukauptos patirties apibendrinimas**, išreiškiantis minėtajai sričiai būdingus dėsningumus. Todėl ši dalis yra vadinama visos specialios **probleminės (arba objektinės) srities* semantiniu modeliu**.

Antroji dalis yra **trumpalaikio saugojimo ir naudojimo informacija**. Ji formuojasi **ekspertinės sistemos darbo metu, jai tiesiogiai bendraujant su klientu**, t. y. sistemai bandant išsiaiškinti tą probleminę situaciją, su kuria susidūrė klientas. Šią

* **Objektinė (probleminė) ekspertinės sistemos sritis** vadinama ta speciali (palyginti siaura) sritis, kurioje dirbančių darbuotojų konsultavimui ir sukurta konkreti ekspertinė sistema.

žinių banko dalį galima pavadinti **nagrinėjamos probleminės situacijos semantiniu modeliu**. Jam sąveikaujant su probleminės srities semantiniu modeliu atsiranda naujos žinios ir nauji klausimai klientui, kurio atsakymai turėtų papildyti, patikslinti ir detalizuoti probleminės situacijos semantinį modelį, dėl ko, šiam vėl sąveikaujant su probleminės srities semantiniu modeliu, vėl atsirastų naujos žinios ir nauji klausimai klientui. **Šis dviejų modelių sąveikavimo ir probleminės situacijos semantinio modelio tikslinimo ir detalizavimo procesas tęsiasi tol, kol ekspertinė sistema galų gale suranda kliento formuluojamos problemos sprendimo būdą ir atitinkamą sprendinį arba pareiškia negalinti tokio sprendimo būdo ir atitinkamo sprendinio rasti.** Gana dažnai ekspertinė sistema pateikia ne vieną, o keletą galimų hipotetinių sprendinių, iš kurių klientas gali rinktis vieną, atrodantį jam labiausiai tikėtinu nagrinėjamoje situacijoje, arba gali ieškoti papildomos informacijos, leidžiančios susiaurinti hipotetinių sprendinių sąrašą.

Įvairiose ekspertinėse sistemose taikomos gana įvairios **probleminės (objektinės) srities semantinio modelio pateikimo formos.**

Viena seniausių ir labiausiai paplitusių formų yra **produkcijų taisyklių rinkinio forma**. E. Šortlifo (E. Shortliffe. Computer Based Medical Consultations: MYCIN, American Elsevier, New York, 1976) ji buvo panaudota vienoje pirmųjų ekspertinių sistemų, kurią jis pavadino MYCIN.

Produkcijų taisyklės – tai sąlyginiai teiginiai (implikacijos), išreiškiantys duotajai problemai (objektinei) sričiai būdingų reiškinių bei jų požymių charakteringas priklausomybes (dėsningumus) determinuotoje, tikimybinėje ar negriežtai apibrėžtoje (neapibrėžtinėje) formoje: „Jei..., tai...“ arba „Jei..., tai..., o jei ne, tai...“ ir pan. Daugtaškiai čia reiškia implikacijų antecedentus ir konsekvencius.

Pateiksiu produkcijų taisyklės pavyzdį, pasiskolintą iš R. Forsaito (Richard Forsyth) straipsnio „Ekspertinių sistemų architektūra“, patalpinto jo redaguotoje knygoje [320] – straipsnių apie ekspertines sistemas rinkinyje:

„99-oji taisyklė:

Jei aikštelės šeimininkai savo paskutines rungtynes, vykusias namie, pralošė, o svečiai savo paskutines rungtynes, vykusias jų aikštelėje, išlošė, tai lygiųjų dabartinėse rungtynėse apriorinę tikimybę reikia padauginti iš 1,075, o svečių laimėjimo šiose rungtynėse apriorinę tikimybę reikia padauginti iš 0,96.“

Tokia taisyklė galėtų priklausyti ekspertinės sistemos, skirtos sportinių varžybų rezultatų prognozavimui, žinių banko pirmajai daliai – probleminės (objektinės) srities semantiniam modeliui, turinčiam produkcijų taisyklių rinkinio formą.

Produkcijų taisyklės sudaromos apibendrinant ekspertų, dirbančių atitinkamoje srityje, sukaupią patirtį, jų pastebėtus dėsniumus bei hipotetinius teiginius, kurių teisingumą pakankamai dažnai patvirtina gyvenimo praktika. Kai kurios produkcijų taisyklės gali būti indukuojamas kompiuteriu apdorojant statistinę informaciją ar kokią nors aibę teisingų teiginių, išreiškiančių tuos pastebėjimus, kuriuos nustatė atitinkamos srities specialistai, ilgą laiką dirbdami toje srityje. Į produkcijų taisyklių sąrašą taip pat gali būti įtraukti jau žinomi dėsniai, kurių teisingumą nustatė ir patikrino atitinkamos srities moksliniai darbuotojai ilgalaikėje mokslinio darbo praktikoje. Pavyzdžiui, jau minėtoje ekspertinėje sistemoje MYCIN, skirtoje jaunų (dar nepatyrusių) medikų konsultavimui bakterinių kraujo infekcijų diagnostikos ir terapijos srityje, produkcijų taisyklės buvo suformuluotos, apibendrinant patyrusių medikų darbo praktiką šioje srityje. Tokios kompiuterizuotos ekspertinės sistemos taikymas sumažina tikimybę jaunam medikui padaryti tipinę klaidą diagnostikoje, supainiojant kokią nors retą ligą su panašia dažnai pasitaikančia liga, ir paskirti neteisingą gydymą. Reikia pažymėti, kad toks ligų, turinčių panašius simptomus, supainiojimo reiškinys yra gana dažnas.

Medikai savo pacientams neretai ne tik beveik nepadedą, o kartais net pakenkia ne tiek dėl to, kad medicinos mokslas dar silpnas (nors ir tai tenka pripažinti), kiek dėl to, kad nustatoma nepakankamai tiksli diagnozė ar net supainiojami panašūs skirtingų ligų simptomai ir pačios ligos. Ekspertinės sistemos galėtų žymiai sumažinti panašių klaidų skaičių, nes gydytojas, pamatęs kompiuterio ekrane, kad jo pastebėtus simptomus gali turėti ne tik viena jam žinoma liga, bet dar ir kelios kitos, atliktų papildomus tyrimus ir patikslintų diagnozę.

Produkcijų taisyklių rinkiniai – ne vienintelė žinių banko pirmosios dalies – probleminės (objektinės) srities semantinio modelio – pateikimo forma. Gali būti taikomos gana įvairios kitos formos: įvairūs **semantinių tinklų tipai (freimų sekos, scenarijų tinklai, sintagmatinės grandinės ir pan.)**, o taip pat **probleminės (objektinės) srities aprašymas predikatų kalba bei specialiomis programinėmis (algoritminėmis) kalbomis** (pavyzdžiui, Prolog, Lisp ir kitomis). Ekspertinėse sistemose, darant išvadas iš žinių banke sukauptos ir kaupiamos informacijos, tenka taikyti ne tik klasikinės logikos dedukcinį aparatą, bet ir daugiareikšmes bei tikimybinę ir negriežtai apibrėžtąją (L. Zadeh) logikas, indukcinę logiką,* aposteriorinių tikimybių apskaičiavimą pasitelkiant Bejeso (Bayes'o) formules, hipotezių kėlimo ir jų patvirtinimo, jas pagrindžiant, remiantis turima ir specialiai renkama informacija, bei atmetimo metodus, specialias programavimo terpes, skirtas ekspertinių sistemų kūrimo bei jų funkcionavimo automatizavimui (pavyzdžiui, EMYCIN, UNITS, REVEAL ir pan.).

Dabar jau galima pereiti prie kito pagrindinio kiekvienos ekspertinės sistemos bloko – **naujų žinių išvedimo bloko** – aprašymo. Šis blokas, panaudodamas informaciją apie probleminę situaciją, ateinančią iš kliento, atranda atitinkamas žinias žinių banko pirmojoje dalyje (pavyzdžiui, atitinkamas produkcijų taisykles probleminės srities semantiniame modelyje) ir išveda naujas žinias: ekspertinės sistemos rekomendacijas klientui, atsakymus į jo klausimus.

Pavyzdžiui, jau minėtoje E. Šortlifo sukurtoje ekspertinėje sistemoje MYCIN naujų žinių išvedimo blokas, remdamasis iš ekspertinės sistemos kliento – kokio nors dar nepakankamai patyrusio gydytojo – gauta faktine informacija apie pacientą bei jo ligos anamnezę ir pasinaudodamas pirmojoje ekspertinės sistemos žinių banko dalyje esančiomis produkcijų taisyklėmis, išveda ir pateikia tam gydytojui – MYCIN klientui – galimų infekcijų sąrašą ir rekomendacijas, kokiais vaistais ir kokiomis jų dozėmis reikėtų tą pacientą gydyti.

Naujų žinių išvedimo blokas – tai speciali kompiuterinė programa, organizuojanti ekspertinės sistemos dialogą su jos klientu, surandanti probleminės (objektinės) srities semantiniame modelyje atsakymo sukonstravimui reikalingą ilgalaikę informaciją (pavyzdžiui, atitinkamas produkcijų taisykles) ir logiškai išvedanti iš dviejų semantinių modelių (probleminės situacijos ir probleminės srities) sąveikavimo išplaukiančias išvadas, suvedama jas į atsakymą į kliento klausimą bei į rekomendacijas jam.

Egzistuoja kelios **naujų žinių išvedimo strategijos**:

- 1) „nuo pradžios“, t. y. nuo kliento pateiktų pirminių faktų;
- 2) „nuo galo“, t. y. nuo kliento išsakytų hipotezių – galimų atsakymų į kliento pateiktą klausimą;
- 3) kompleksinė, t. y. jungianti savyje pirmąją ir antrąją strategijas;

* Pavyzdžiui, taikyti specialų indukcinį hipotezių formavimo DSM metodą, pavadintą vieno pagrindinių indukcinės logikos kūrėjo Džono Stiuarto Milio (J. S. Mill) vardu.

4) simptomų svarbos ekspertinio vertinimo ir ekspertinės sistemos galimų klausimų klientui prioritetų apskaičiavimo ir perskaičiavimo strategija.

Naudodamasi **strategija „nuo pradžios“**, naujų žinių išvedimo programa ieško pirmojoje žinių banko dalyje tokių žinių, iš kurių, remiantis kliento pateiktais faktais, būtų galima išvesti naujas žinias, ir jas išveda, tokiu būdu papildydama jomis žinių banko antrąją – kintamąją – dalį, į kurią įrašomi ir kliento pateikiami nauji faktai – kliento atsakymai į minėtosios programos suformuluotus klausimus.

Pavyzdžiui, kai žinių banko pirmąją dalį sudaro produkcijų taisyklės, naujų žinių išvedimo programa ieško tokių taisyklių, kuriomis iškart jau būtų galima pasinaudoti naujų žinių išvedimui, t. y. ieško tokių taisyklių, kurių antecedentai atitinka (arba beveik atitinka) kliento pateiktus klausimus bei kitas antrojoje – kintamojoje – žinių banko dalyje jau turimas žinias. Suradusi tokias produkcijų taisykles, naujų žinių išvedimo programa, remdamasi tuo, kad tų taisyklių antecedentų teisingumą patvirtina kliento pateikti faktai bei kitos antrojoje žinių banko dalyje jau turimos žinios, daro išvadą apie tų taisyklių konsekventų teisingumą ir perveda tuos konsekventus į jau turimą faktinių žinių masyvą antrojoje žinių banko dalyje. Naudodamasi tuo masyvu, naujų žinių išvedimo programa toliau ieško produkcijų taisyklių, turinčių atitinkamus antecedentus ir toliau analogiškai tęsia savo darbą. Kai ši programa susiduria su tokiomis produkcijų taisyklėmis, kurių antecedentai, būdami sudėtingi, tik kai kuriomis savo dalimis atitinka jau žinomus faktus, ji formuluoja klientui naujus papildomus klausimus, leidžiančius išsiaiškinti, ar likusios sudėtingų antecedentų dalys yra teisingos, ir po to daro atitinkamas išvadas, pervesdama tų taisyklių konsekventus į jau žinomų teisingų faktų masyvą antrojoje žinių banko dalyje, arba formuluoja naujus klausimus klientui, tęsdama atitinkamų produkcijų taisyklių paiešką ir naujų žinių išvedimą tol, kol gauna atsakymus į kliento pateiktus klausimus ar įsitikina, kad pirmojoje žinių banko dalyje turėtų žinių tokių atsakymų formulavimui nepakanka ir būtina kreiptis į ekspertus su prašymu, jog būtų pratęstas ekspertinės sistemos apmokymas – pirmosios žinių banko dalies tobulinimas.

Pagrindinis pirmosios strategijos trūkumas – **jos neorientuotumas į galutinius tikslus**, dėl ko išvadų paieškos ir jų gavimo medis gali gana greitai taip stipriai išsišakoti, kad tolimesnis judėjimas tuo medžiu pradeda reikalauti labai daug laiko ir darbo, kurio didžioji dalis gali būti nebūtina ir net visai nereikalinga klientui reikalingų atsakymų radimui. Todėl strategijos „nuo pradžios“ dažniausiai taikomos tik labai siaurai specializuotose ekspertinėse sistemose, kuriose negresia pavojus bereikalingai išplėsti paieškos medį ir nuklęsti „į lanką“.

Naudojantis **strategija „nuo galo“**, naujų žinių išvedimo programa savo darbą pradeda nuo kliento turimų hipotezių išsiaiškinimo ir jų fiksavimo antrojoje žinių banko dalyje, po to pereidama prie paieškos tokių produkcijų taisyklių, kurių konsekventai sutaptų su tomis hipotezėmis arba būtų artimi joms. Suradusi tokias taisykles, ji pereina prie jų antecedentų ir vėl pradeda ieškoti tokių taisyklių, kurių konsekventai sutaptų su ką tik minėtais antecedentais ir t. t. Šis procesas tęsiamas iki tol, kol kai kurių tokiu būdu išskirtų taisyklių antecedentų teisingumo nepatvirtina kliento pateikti faktai, t. y. tie faktai, kuriuos klientas pateikė pačioje pradžioje ar vėliau, atsakydamas į ekspertinės sistemos pateiktus klausimus, pastarajai bandant išsiaiškinti, ar kurios nors produkcijos taisyklės antecedentas yra teisingas.

Naudojantis šia – antrąja – strategija, galima išsiaiškinti, kuri iš kliento išsakytų hipotezių yra teisinga, ar bent jau įvertinti kliento išsakytų hipotezių teisingumo tikimybes.

Ši strategija tuo atveju, kai nors viena kliento išsakyta hipotezė yra teisinga, yra orientuota į galutinį tikslą ir leidžia jį pasiekti greičiau, negu tai būtų buvę galima

padaryti, naudojantis pirmojo tipo strategija. Tačiau antrojo tipo strategija turi tą trūkumą, kad ji neleidžia rasti teisingo atsakymo į iškeltą klausimą tuo atveju, kai visos kliento išsakytos hipotezės yra klaidingos.

Norint įveikti šį trūkumą ir pagreitinoti teisingo atsakymo paiešką, naudojamosi **kompleksine strategija**, jungiančia pirmojo ir antrojo tipo strategijas. Naudojantis šia – trečiojo tipo – strategija, pirmojo ir antrojo tipo strategijomis naudojamosi pakaitomis ir to naudojimosi eigoje klientas, atsižvelgdamas į gaunamus rezultatus bei ekspertinės sistemos keliamus klausimus ir savo surastus atsakymus į tuos klausimus, gali kelti papildomas hipotezes, tuo pagreitindamas ekspertinės sistemos artėjimą prie teisingo atsakymo.

Ekspertinės sistemos efektyvumo padidinimui, pagreitinant teisingo atsakymo radimą, skirta ir **ketvirtoji naujų žinių išvedimo bloko strategija**. Kad šia strategija būtų galima naudotis, reikalinga, kad žinių banke būtų išvardintos galimos situacijos, kurias bus galima laikyti hipotezėmis, tų situacijų buvimą ir nebuvimą charakterizuojantys požymiai (simptomai) bei standartinės klausimų apie simptomų buvimą ar nebuvimą formuluotės ir nurodytos apriorinės hipotezių tikimybės bei sąlyginės išvardintų simptomų buvimo ir nebuvimo tikimybės, esant nagrinėjamai situacijai. Naujų žinių išvedimo blokas, naudodamasis žinių banko informacija, vertina kiekvieno simptomo reikšmingumą ir pateikia klientui klausimą apie egzistavimą ar neegzistavimą būtent to simptomo, kuris yra reikšmingiausias. Gavęs kliento atsakymą, naujų žinių išvedimo blokas, naudodamasis Bejeso formule, apskaičiuoja aposteriorines hipotezių tikimybes ir įrašo jas į žinių banką, kaip naujas apriorines tų hipotezių tikimybes. Po to žinių bankas iš naujo įvertina simptomų reikšmingumą ir vėl iškelia klausimą klientui: egzistuoja dabartiniu momentu ar neegzistuoja tas simptomas, kuris dabar yra reikšmingiausias. Ši procedūra kartojama iki tol, kol aposteriorinė kokios nors hipotezės tikimybė netampa tokia didelė, lyginant ją su kitų hipotezių aposteriorinėmis tikimybėmis, kad ją būtų galima priimti kaip teisingą teiginį. Šio proceso metu kai kurių hipotezių aposteriorinės tikimybės gali tapti tokios mažos, kad tas hipotezes galima būtų tuoj pat atmesti kaip neteisingas, tuo pačiu supaprastinant ir pagreitinant tolimesnius skaičiavimus, ieškant atsakymo, kuri iš likusių hipotezių šiuo metu galėtų būti teisinga.

Ketvirtojo tipo strategija leidžia gana tiksliai kelti klausimus klientui, tačiau reikalauja daugiau apriorinės informacijos ir didesnės skaičiavimų apimties. Be to ši strategija, kaip ir antrojo tipo strategija reikalauja, kad kliento iškeltų hipotezių sąrašas būtų būtinai būtų (ar bent vėliau atsirastų) ir ta hipotezė, kuri šiuo metu yra teisinga.

Kadangi ekspertinėse sistemose, darant išvadas, tenka naudotis ne tiek griežtąja dedukcine logika, kiek **negriežtais, panašiais į tiesą, samprotavimais**, tai, juos atliekant ir išsirenkant labiausiai tikėtinas išvadas, tenka vertinti tų samprotavimų, juose naudojamų prielaidų bei argumentų ir gaunamų išvadų tikėtino teisingumo lygį. Tokiam vertinimui taikomi ne tik standartiniai matematinės statistikos metodai, bet ir subjektyvių (propensityvinių) tikimybių nustatymo metodai, L. Zadeh negriežtieji įverčiai, aposteriorinių tikimybių apskaičiavimo Bejeso metodo modifikacijas, Šiferio ir Dempsterio įverčiai, algebriniai Hašeko įverčiai ir t. t.

Šia trumpa naujų žinių išvedimo strategijų apžvalga baigsiu ekspertinės sistemos naujų žinių išvedimo bloko aprašymą.

Dar vienas ekspertinės sistemos blokas – tai tos **sistemos gaunamų išvadų ir rekomendacijų gavimo procedūros pagrindimo ir paaiškinimo klientui blokas**. Jis reikalingas tam, kad klientas, susipažinęs su tuo, iš kur ir kaip ekspertinė sistema gavo pateikiamas jam išvadas ir rekomendacijas, galėtų įsitikinti jų pagrįstumu ir galėtų su pasitikėjimu vadovautis jomis savo veikloje. Šis blokas – irgi kompiuterinė programa.

Ji fiksuoja ekspertinės sistemos atmintyje tą išvadą bei rekomendacijų gavimo loginę grandinę, kurią sukūrė naujų žinių išvedimo blokas, ir pateikia ją, klientui pageidaujant, su paaiškinimais klientui patogia forma bei jam suprantama kalba. Todėl ekspertinės sistemos klientas, iškilus kokioms nors abejonėms ekspertinės sistemos išvadų ar rekomendacijų teisingumui, gali patikrinti visą ekspertinės sistemos „samprotavimų“ grandinę ir nustatyti, kuo ir kaip rėmėsi ekspertinė sistema, išvesdama savo išvadas ir rekomendacijas. Šis – trečiasis – ekspertinės sistemos blokas sprendžia labai svarbų psichologinį klausimą – kliento pasitikėjimo eksperimentinės sistemos išvadomis ir rekomendacijomis užtikrinimo klausimą.

Paskutinis svarbus ekspertinės sistemos blokas – **ekspertų tiesioginio ir netiesioginio bendravimo su ekspertine sistema organizavimo ir ekspertinės sistemos žinių banko pirmosios dalies kūrimo bei ekspertinės sistemos apmokymo organizavimo ir automatizavimo blokas**. Jo paskirtis – sukurti ir užtikrinti kuo paprastesnį ir kuo efektyvesnį interfeisą tarp ekspertinės sistemos ir ekspertų, kuriant ekspertinės sistemos žinių banko pirmąją dalį, o taip pat papildant ir tobulinant ją, t. y. „apmokant“ ekspertinę sistemą, tikslinant ir tobulinant probleminės (objektinės) srities semantinį modelį. Šiais laikais, kai tapo gana paprasta organizuoti mobiliųjų ryšių ne tik tarp ekspertinės sistemos ir jos klientų, bet ir tarp ekspertinės sistemos ir ekspertų, šis blokas gali suteikti galimybę ekspertinei sistemai kreiptis į tą ar kitą ekspertą – labai patyrusį atitinkamos srities specialistą – tuo atveju, kai ekspertinė sistema savo žinių banko pirmojoje dalyje neranda pakankamai žinių, kad galėtų išspręsti jos klientui iškilusią problemą. Vystant šią naują galimybę, ekspertinė sistema tampa kolektyvinio proto sistema.

Šis blokas atlieka labai svarbų vaidmenį ekspertinės sistemos apmokyme ir gali būti panaudotas naujų žinių indukavimui, apdorojant atitinkamos srities statistinius duomenis bei informaciją, sukaupią įvairiuose jos šaltiniuose: monografijose, moksliniuose straipsniuose, mokslinėse ir techninėse ataskaitose, statistiniuose duomenyse apie pačios ekspertinės sistemos darbą bei jos pateikiamų rekomendacijų efektyvumą ir pan.

Galima teigti, kad šiuo metu pagrindiniai sunkumai, su kuriais susiduriama, kuriant ekspertines sistemas, yra jų žinių bankų pirmosios dalies – pakankamai tobulo probleminės (objektinės) srities semantinio modelio – kūrimo sunkumai. O juk nuo to modelio kokybės visų pirma ir priklauso ekspertinės sistemos darbo kokybė. Todėl viena pagrindinių ekspertinių sistemų tobulinimo krypčių šiuomet yra žinių kaupimo ir pateikimo pagrindinėje (ilgalaikėje) žinių banko dalyje tobulinimo kryptis.

Intarpas į 1590 p.

Vis dažniau ir vis garsiau bei apibrėžčiau pradedama samprotauti apie jau prasidėjusią žinių industrijos erą ir jos perspektyvas (žiūr., pavyzdžiui, Tomo Stonerio straipsnį „Žinių industrija“ knygoje [320]).

Jau iš to, kas buvo pasakyta apie ekspertines sistemas šioje mokymo priemonėje, skaitytojas gali susikurti savo galvoje apytikrą koncepcinį „klasikinės“ ekspertinės sistemos modelį, leidžiantį suprasti ekspertinės sistemos sandarą ir veikimą, įsivaizduoti galimas ekspertinių sistemų taikymo sritis dabar ir ateityje.

Papildomų žinių apie tokio tipo ekspertines sistemas skaitytojas gali rasti jau minėtoje knygoje [320] ir straipsnių apie ekspertines sistemas rinkinyje [321], taip pat knygose apie dirbtinį intelektą [106, 317, 318].

Tačiau čia aprašytas ekspertinių sistemų tipas, kurį galima būtų pavadinti „klasikiniu“, nes nuo jo prasidėjo ekspertinių sistemų kūrimas ir jam priklauso didžioji jų dalis, nėra vienintelis. Manau, kad skaitytojo žinios apie ekspertines

sistemas ir ekspertinių įverčių taikymą dar labiau išsiplės ir pagilės, kai jis detaliau susipažins dar su viena ekspertų darbo organizavimo ir ekspertinių įverčių panaudojimo forma, apie kurią jau buvo kalbėta 1.16.3.2. skyrelyje, būtent su ekspertinių įverčių panaudojimu, taikant **hierarchijų analizės metodą (HAM)**, su to metodo taikymu sprendžiant nepakankamai bei negriežtai apibrėžtus daugiakriterijinio optimizavimo uždavinius ir su tą HAM taikymą automatizuojančia sistema, taip pat gavusia ekspertinės sistemos pavadinimą – „Ekspert Čois“ („Ekspert Choise“ – „Ekspertinis pasirinkimas“). Ši sistema gerokai skiriasi ir savo idėja, ir savo struktūra, ir savo veikimo principu, o taip pat savo paskirtimi nuo mūsų šiame skyrelyje jau nagrinėtų „klasikinių“ ekspertinių sistemų, skirtų mažiau patyrusių specialistų konsultavimui.

Hierarchijų analizės metode ir sistemoje „Ekspert Čois“ **ekspertų nuomonės ir jų įverčiai naudojami geriausio sprendinio, tenkinančio keletą ar net keliolika kokybinių kriterijų, išsirinkimui sudėtingoje situacijoje, dekomponuojant sudėtingą to išsirinkimo problemą į hierarchinę struktūrą, tuo pačiu dekomponuojant to išsirinkimo procesą į daugiapakopį ekspertinių įverčių panaudojimo paprastos situacijose procesą, vėliau suvedant paprastus tiesioginius ekspertinius įverčius į kompleksinius netiesioginius galimų variantų bei scenarijų įverčius.**

Pereisime prie HAM metodo ir sistemos „Ekspert Čois“ aprašymų, kuriems skiriamas 1.16.3.4. skyrelis.

1.16.3.4. Hierarchijų analizės metodas (HAM) ir jo taikymai, sprendžiant daugiakriterijinius optimizavimo bei strateginio planavimo uždavinius. „Ekspert Čois“ („Expert Choise“) sistema

Net ir labai patyrusiems kokios nors srities ekspertams būna sunku ar net neįmanoma pakankamai tiksliai įvertinti tokią sudėtingą situaciją, kurios visos jie savo intelektu aprėpti jau nebegali. Tokiais atvejais gana dažnai būna tikslinga, jei tai būna įmanoma, dekomponuoti tą situaciją (ar su ja susijusią sudėtingą problemą) į hierarchinę struktūrą, kurios kiekvienas ešelonas būtų pakankamai paprastas savo sudėtinių dalių atžvilgiu, o žemutinio ešelonu dalys būtų jau gana paprasti elementai, nesunkiai įvertinami kokybiškai ar net išmatuojami kiekybiškai pasirinktų vertinimo kriterijų atžvilgiu. Ekspertiškai įvertinus kiekvieno ešelonu sudedamąsias dalis, o taip pat kiekvieno vertinimo kriterijaus svarbą problemos sprendimu siekiamų pagrindinių tikslų atžvilgiu, galima apskaičiuoti apibendrintus galutinius vertinimus kiekvienam galimam sudėtingos problemos sprendiniui bei kiekvienam galimam sudėtingos situacijos vystymosi scenarijų jų galimų pasekmių atžvilgiu, atsižvelgiant į ekspertiniu būdu įvertintas tų pasekmių atsiradimo tikimybes. Turėdami galutinius apibendrintus galimų sprendimų bei galimų scenarijų pasekmių vertinimus, mes jau galime pasirinkti tokius sprendinius bei stengtis realizuoti tokius sudėtingos situacijos vystymosi scenarijus, kurių galimos ir labiausiai tikėtinos pasekmės mums būtų labiausiai pageidautinos.

Šios čia ką tik išdėstytos mintys išreiškia **hierarchijų analizės metodo esmę**. Jo taikymą pailiustruosiu konkrečiu pavyzdžiu, pasiskolintu iš knygos [34], kurios pagrindinis autorius yra kaip tik šio metodo autorius JAV matematikas T. Saati (Thomas L. Saaty).

Tarkime, jog gaunanti vidutinės pajamas kelių asmenų šeima nusprendė įsigyti nuosavą namą ir, susipažinusi su parduodamų namų pasiūla, apsistojo ties trimis variantais, kuriuos mes sąlyginai pavadinsime A, B ir C.