

Teisinių žinių bazių suderinamumo ir išsamumo tikrinimas

S. Sinkevičiūtė (MII)

Įvadas

Viena iš plačiausiai naudojamų dirbtinio intelekto technologijų yra žinių bazių sistemos (toliau ŽBS), kuriose sunkiai struktūrizuojamų problemų sprendimams ieškoti naudojamas santykinai paprastas išvedimo mechanizmas, dirbantis su didelės apimties žinių baze, kurioje tam tikru formalizmu modeliuojamos dalykinės srities žinios. Lemiamas veiksnys, siekiant sėkmingai pritaikyti ŽBS realiems uždaviniams spręsti, yra jų kokybės užtikrinimas. Ypač svarbi yra žinių bazės (toliau ŽB) kokybė. Žinių bazių kokybės tikrinimo metodų pagrindai sukurti, nagrinėjant tradicines ŽB, kurių formalizmas grindžiamas taisyklėmis (dažniausiai produkcijų). Kuriami ir metodai, kuriuose atsižvelgiama ir į dalykinės srities bei sprendžiamo uždavinio ypatybes. Straipsnyje aptariamas ŽB kokybės tikrinimas, kai žinios vaizduojamos formalizmu, konstruojamu F-Logikos [6] pagrindu ir jungiančiu objektinį žinių vaizdavimo būdą su loginiu išvedimo mechanizmu. Domimasi žinių bazėmis, naudojamomis teisės inžinerijos (toliau – TI) sistemose. Šių sistemų paskirtis – palengvinti įstatymus rengiančių grupių darbą ir pagerinti įstatymų darną.

Taisyklinių žinių bazių išsamumas ir suderinamumas

ŽB kokybė nusakoma tam tikromis savybėmis, kurias ŽB turi turėti. Dažniausiai išskiriamos tokios bendriausios savybės kaip suderinamumas ir išsamumas, kurios gali būti suprantamos ir nagrinėjamos įvairiais aspektais.

Žinių bazėje tiesiogiai suformuluoti teiginiai apie dalykinę sritį ir visi iš jų išvedami teiginiai traktuotini kaip dalykinės srities modelis. Dalykinės srities (t.y. semantiniu) požiūriu modelis išsamus, kai jame yra visi būtini sprendžiamam uždaviniui teiginiai apie tą sritį. Modelis suderintas, kai jame yra tik neprieštarinti teiginiai, teisingi toje srityje ir būtini sprendžiamam uždaviniui ir jo sprendiniui aprašyti. Taip nusakytų išorės atžvilgiu visiško išsamumo ir suderinamumo praktikoje pasiekti neįmanoma. Todėl paprastai vadovaujamosi konkretesniais daliniais šių reikalavimų apibrėžimais, pritaikytais prie dalykinės srities savybių. TI sistemose naudotini konkretesni reikalavimai aptariami [13].

ŽBS atitinkantį modelį galima nagrinėti ir kaip I eilės teoriją $\text{ŽBS} = \langle K, \text{ŽB}, \vdash \rangle$, kur K – žinių vaizdavimo kalba, ŽB – kalbos K sakinių (formulių) aibė (dalykinių aksiomų aibė), $\vdash$ – tam tikra išvedimo sąvoka [14]. Teorija ŽBS yra išsami, jei $\forall a \in K$ galioja $\text{ŽB} \vdash a$ arba $\text{ŽB} \vdash \neg a$. ŽBS prieštaringa, jei iš ŽB vienu metu galima išvesti a ir $\neg a$. Tačiau žinių bazių prieštaringumas apibrežiamas silpniau. ŽB laikoma prieštaringa, jei yra tokie $f_1, \dots, f_n \in \text{ŽB}$, kad $\{f_1, \dots, f_n\}$ yra neprieštaringa, o $\text{ŽB} \not\vdash \neg(f_1 \wedge \dots \wedge f_n)$ [14, 4]. Kadangi ŽB turi atitikti

dalykinę sritį, kartais dar reikalaujama, kad ekspertai patvirtintų, jog $f_1, \dots, f_n$ gali būti visi teisingi vienu metu realiame pasaulyje. T.y. neprieštaringumas (tokiu atveju jis vadintinas suderinamumu) nusakomas kaip nebuvimas žinių bazėje sakinių, kurie gali būti prieštaravimų priežastis.

Praktikoje ŽB išsamumas ir suderinamumas daugiausiai nagrinėjami tiek, kiek juos galima performuluoti žinių vaizdavimo formalizmo terminais [7]. ŽB laikoma išsamia ir suderinta, jei joje esančiose formuluotėse nėra anomalijų, t.y. jei nepažeistos sąlygos, kurias turi tenkinti kalbos konstrukcijos ir jų sąryšiai. Nors anomalijos aptinkamos tikrinant ŽB sintaksines savybes, jos turi ir semantinius paaiškinimus (tačiau ne visos semantinės klaidos paaiškinamos sintaksinėmis). Pagal prasmę galima skirti keturis pagrindinius anomalijų tipus: žinių perteklių, ambivalentiškumą, cikliškumą ir spragas. Kiekvieną iš šių tipų atitinka keli specialūs atvejai. Žemiau remiantis [12] apibrėžiami žinių bazių, kurių pagrindas – Prologo tipo taisyklės, anomalijų tipai. Šie apibrėžimai tinka ir kitoms ŽB, kurios gali būti išreikštos I eilės logika. Apibrėžimuose daroma prielaida, kad ŽB struktūra yra $\check{Z}B = R \cup G \cup L \cup C$, kur

R – Prologo tipo taisyklių (ir faktų) bazė,

G – tikslinių literalų (galutinių hipotezių), t.y. literalų, kurie gali būti išvedami iš R, aibė,

L – įvesties duomenų (literalų) aibė (aplinka),

C – semantinių apribojimų aibė, apibrėžianti, kokios situacijos (pvz., įvesties ar išvesties aibės) negalimos dalykinėje srityje. Tokias situacijas aprašančios duomenų arba hipotezių aibės laikomos neleistinomis.

Pavyzdžiuose, kaip Prologe, iš didžiosios raidės rašomi kintamieji, iš mažosios – konstantos.

Pertekliškumas. ŽB išraiška yra pertekliška, jei iš kiekvienos leistinos aplinkos išvedamos tos pačios galutinės hipotezės, nepriklausomai nuo to, yra ar nėra žinių bazėje ta išraiška. Bendriausias atvejis yra pertekliška taisyklė. Pvz., jei ŽB yra taisyklės $I_1, \dots, I_n$, tai taisyklė I_j yra pertekliška, jei ji yra taisyklių $I_1, \dots, I_{j-1}, I_{j+1}, \dots, I_n$ loginė išvada. Pavyzdžiui:

turi_mokslinį_laipsnį(X) <- profesorius(X)

baigė_aukštąją_mokyklą(X) <- turi_mokslinį_laipsnį(X)

baigė_aukštąją_mokyklą(X) <- profesorius(X) /*pertekliška taisyklė*/

Konkretesni pertekliškumo atvejai yra nepritaikomos taisyklės arba jų sąlygos (t.y. niekada išvedime nenaudojamos taisyklės), apimtosios (angl. *subsumed*) taisyklės ir nenaudojami taisyklių konsekventai.

Ambivalentiškumas. ŽB ambivalentiška, jei iš leistinos aplinkos galima išvesti neleistiną hipotezių aibę.

Pavyzdys. Tarkime, kad leistina aplinka yra {dėstytojas_asistentas(a), įstojęs(a)} (= įstojęs į universitetą), o neleistina hipotezių aibė – {darbuotojas(X), studentas(X)}. Tada iš žemiau pateiktų taisyklių išvedama neleistina aibė {darbuotojas(a), studentas(a)}, kuri yra neleistinos aibės konkretizacija, gauta kintamuosius pakeitus konstantomis.

darbuotojas(X) <- dėstytojas_asistentas(X)

studentas(X) <- dėstytojas_asistentas(X), įstojęs(X)

Atskiras ambivalentiškumo atvejis yra prieštaringumas, kai iš kokios nors aplinkos (ji gali būti tuščia, jei taisyklių bazėje yra faktų) išvedamas teiginys ir jam priešingas teiginys, t.y. kai neleistinos hipotezių aibės pavidalas yra $\{q, \neg q\}$.

Cikliškumas. ŽB cikliška, jei joje yra ciklinių priklausomybių, pavyzdžiui, jei yra tokių taisyklių aibė, kad jas taikant gali susidaryti ciklai. Konkretus pavyzdys - išreikštiniu pavidalu apibrėžiamas santykio galiojimo simetriškumas:

$am\check{z}ius_iki_18m(X) \leftarrow nepilnametis(X)$

$nepilnametis(X) \leftarrow am\check{z}ius_iki_18m(X)$

Spragos. Žinių bazėje yra spragų, jei yra leistina aplinka, iš kurios neišvedama hipotezė, kuri turi būti išvedama. Spragos paprastai yra dėl trūkstamų žinių. Atskiras spragos atvejis yra trūkstama (praleista) taisyklė.

Kai ŽB yra nurodytos struktūros, tai anomalijos aptinkamos aplinkoje, taisyklėse, apribojimų ir rezultatų apibrėžtyse. F-logika formalizuotoje žinių bazės struktūroje dar yra klasių aprašai, faktai, išreiškiami tų klasių egzemplioriais, yra galimybė sudaryti modulius. Taigi, galimi papildomi tam tikro tipo anomalijos atvejai, pvz. tipų ir potipių aprašų prieštaravimai, nenaudojamos atributų reikšmės, moduliarumo pažeidimai.

Žinių bazių verifikavimo ir vertinimo metodai

ŽBS kokybės gerinimas – procesas, vykdomas viso sistemos gyvavimo ciklo metu. Svarbiausi jo uždaviniai yra [5], [7]:

Verifikavimas. Jo tikslas – garantuoti, kad sistema kuriama tinkamai, parodant, kaip sistema realizuoja specifikacijas. Verifikuojamos tik gerai apibrėžtos ŽBS savybės specifikuotų reikalavimų atžvilgiu. Kadangi ŽBS reikalavimai formalizuojami daug mažiau nei įprastinių programų [5, 9], t.y. kadangi retai kada sudaroma pakankamai išsami ir darni formali specifikacija, kurios atžvilgiu būtų galima tikrinti ŽBS realizaciją, tai verifikavimas dažniausiai apsiriboja ŽB elementų struktūrinių savybių tikrinimu.

Vertinimas (angl. validation). Tikslas – garantuoti, kad kuriama tinkama sistema, pagrindžiant, kad sistema veikia teisingai dalykinės srities požiūriu ir jos sprendiniai (rezultatai) atitinka vartotojo poreikius ir reikalavimus. Pagrindinis metodas – bandymai.

Įverčių nustatymas (angl. evaluation). Tikslas – garantuoti, kad sistema tenkina kokybines ir kiekybines charakteristikas. Nustatyti (ergonomiškumo, eksploatuojamumo ir pan.) arba apskaičiuoti (sistemos našumo, reakcijos laiko ir pan.) įverčiai lyginami su laukiamomis arba pageidaujamomis reikšmėmis. Šis uždavinys TI sistemų atveju mažiau aktualus.

Vyraujantys V&V veiklos metodai gali būti suskirstyti į tokias pagrindines grupes [9]: inspektavimo, statinio verifikavimo, empirinių bandymų (angl. *testing*) ir empirinių įvertinimų (angl. *evaluation*) metodų.

Inspektavimo būdais siekiama aptikti semantiškai nekorektiškas žinias ŽB. Inspektavimas dažniausiai atliekamas rankiniu būdu, tą daro žmogus, dalykinės srities ekspertas. Ekspertai dažnai "inspektuoja" ŽB struktūrą, pasitelkdami įvairias redagavimo, inspektavimo, grafines peržiūros programas. Sistemos elgesio "inspektavimui" naudojamos trasavimo ir "šnipinėjimo" priemonės. Inspektuoti padeda ir sistemose esančios aiškinimų posistemės, pateikiančios sistemos elgesį pagrindžiančius pranešimus, išvedimo grandinių paaiškinimus ir pan.

Statinio verifikavimo metodai skirti ieškoti ŽB anomalijų – statinių darinių ŽB struktūroje, kurie rodo, kad ŽB gali būti semantinių klaidų. Ar ten tikrai yra klaida, turi nustatyti ekspertas. Anomalijos iš esmės nepriklauso nuo dalykinės srities. Jos priklauso tik nuo žinių vaizdavimo formalizmo. Statinis verifikavimas beveik neįmanomas be automatizuotų priemonių. Jose taikomi įvairūs metodai, grindžiami taisyklių bazės transformavimu į tarpinį pavidalą [7, 10]: priklausomybės diagramas, sprendimo lenteles, įvairius grafus, Petri tinklus, tinklo srautų formalizmus. Yra automatizuotų priemonių, kuriose naudojant meta-apribojimus, tikrinama, ar sistemoje nėra tuos apribojimus pažeidžiančių faktų [2]. Statinio verifikavimo metodais gali būti nustatomas ir formuluočių sudėtingumas.

Testavimo metodai paprastai apima tris žingsnius: testinių rinkinių sudarymą, sistemos vykdymą su testų rinkiniais ir gautų rezultatų (išvestų hipotezių) analizę.

Testiniai rinkiniai gali būti sudaromi iš realių duomenų, kurie būdingi sprendžiamam uždaviniui ir kuriems žinomas uždavinio atsakymas. Tokie rinkiniai ypač svarbūs funkciniam testavimui, apibrėžtam žemiau. Deja, realių duomenų dažnai nebūna pakankamai daug, todėl testiniai rinkiniai neretai generuojami automatiškai.

Yra įvairių testavimo rūšių, pavyzdžiui, atsitiktinis testavimas, euristinis testavimas, struktūrinis testavimas (kai siekiama pritaikyti kuo daugiau taisyklių, panaudoti kuo daugiau objektų, atributų, jų reikšmių), funkcinis testavimas (kai siekiama patikrinti sistemos elgesį, stebimą per įvesties duomenų ir išvestų rezultatų santykį su laukiamais rezultatais, neatsižvelgiant į vidinę struktūrą).

Testavimo rezultatai analizuojami, lyginant juos su hipotezių specifikacijomis reikalavimuose arba su eksperto ar kito nepriklausomo šaltinio pateiktais rezultatais. Jei hipotezės ar eksperto rezultatai specifikuoti formaliai, testavimo rezultatų analizę galima automatizuoti. Analizės metu gali būti tikrinamos vidinės gautų išvadų savybės (pvz., neprieštaringumas), statistiniais metodais apdorojami rezultatai.

Be to, testavimo metu gali būti fiksuojama informacija apie aprėpimo zoną (angl. coverage information), nusakanti, kurios taisyklės ir kiek kartų buvo įvykdytos, atliekant konkretų ŽBS testavimą. Gali būti atliekami ir kitų sistemos kiekybinių parametrų (pvz., spartos) matavimai.

Įvertinimo metodų objektas – galutinio vartotojo santykis su veikiančia ŽBS. Įvertinama yra techninis našumas, priimtinumai, įtraukimas į organizacijos struktūrą ir pan. Įvertinimas atliekamas dirbant su ŽBS kontroliuojamoje aplinkoje (laboratorijos sąlygomis), arba darbo aplinkoje (lauko bandymai). Bandomosios eksploatacijos metu renkami duomenys apie tai, kaip buvo dirbama su sistema. Tam apklausiami ar vizualiai stebimi vartotojai, naudojamos specialios monitoringo programos.

Teisiniai darnos aspektai teisės inžinerijos sistemose

Įstatymo kokybė traktuotina kaip nepageidaujamų savybių (anomalijų) nebuvimas jame. Nagrinėjant įstatymų darną (kokybę), dėmesys skiriamas tokiems trimis dalykams: įstatymo tekstui, turiniui ir ryšiui tarp jų. Šiame skyriuje bus kalbama apie turinio kokybę. TI sistemose įstatymų turinio analizės pagrindas – pasirinktas teisės, o tuo pačiu ir įstatymo, modelis. TI sistemų srityje vyrauja požiūris, traktuojantis teisę kaip įvairių rūšių ir tipų teisinių taisyklių, sąvokų ir teisinio samprotavimo metodų sistemą [15]. Tada galima išskirti anomalijų tipus, panašius savo prasme į aprašytuosius antrajame skyriuje:

pertekliškumą, ambivalentiškumą, spragas, cikliškumus (žinoma, teisėje jie apibrėžiami mažiau formaliai). Šie tipai detalizuojami, atsižvelgiant į teisės taisyklių savybes ir tarpusavio ryšius. Teisės sistemos elementai gali būti jungiami į atskirus posistemius (pagal teisės šaką, pagal teisės institutą ir pan.). Taip išskirtiems naujiems nagrinėjimo objektams gali būti nustatyti specialūs darnos kriterijai, pvz., sankcijų, teisinių procesų ir (arba) procedūrų darnumas viename ar keliuose įstatymuose, klasifikatorių, nurodomų įstatyme, suderinamumas. Kadangi įstatymų tikslas ne tiek aprašyti pasaulį, kiek jį reguliuoti, siekiant tam tikrų tikslų, tai svarbios ir tokios teisės taisyklių savybės, kaip racionalumas (ar tenkinami visi iškelti ir tik iškelti tikslai; ar apsimoka jų siekti), konstruktyvumas (ar įmanoma konstruktyviai įrodyti teisinių taisyklių prielaidose nurodytas sąlygas). Šias savybes įmanoma patikrinti tik dalinai.

Teisinės žinių bazės ir jų suderinamumo ir išsamumo tikrinimas

Teisinės ŽB turi specifinių savybių [3], kurias pirmiausia sąlygoja teisinių žinių ypatumai (nemonotomiškumas, deontiniai modalumai, hierarchinis taisyklių pobūdis ir t.t.). Be to, TI sistemose ŽB turi ir kitų ypatybių:

- TI ŽB pagrindą sudaro tam tikru formalizmu užrašytas rengiamo įstatymo modelis;
- TI sistemose ŽB kokybė dalinai priklauso nuo įstatymo kokybės; tikrinamos ne tiek ŽB savybės, kiek joje modeliuojamo įstatymo savybės, todėl pačios ŽB našumo, greičio ir panašiomis charakteristikomis beveik nesidomima;
- jose modeliuojamas ne tik įstatymo turinys, bet ir struktūra, sudėtinga nuorodų ir išimčių sistema;
- ŽB formalizuotos įstatymo versijos turi būti susietos su įstatymų hipertekstais; ryšio tarp įstatymo teksto ir jo formalizavimo izomorfizmas jose tampa dar svarbesnis;
- labai svarbų vaidmenį vaidina teisinių sąvokų tezauros;
- jose esančios taisyklės ir jų dalys traktuotini kaip objektai;
- TI sistemų žinių bazėse saugomos kelios alternatyvios formalizuoto įstatymo fragmentų versijos, atitinkančios skirtingą įstatymo sudarytojų požiūrį, taip pat skirtingos versijos pagal laiką.

Atsižvelgiant į šias ypatybes, TI sistemų atveju esamus ŽB V&V metodus reikia modifikuoti ir papildyti.

Verifikavimo metodus reikia papildyti metodais, leidžiančiais palyginti dvi sąvokų hierarchijas, apibrėžtas tezaure ir įstatymo modelyje arba esančias skirtingose įstatymo modelio versijose. Šiuos metodus tikslinga praplėsti, kad jie leistų sujungti tezaurą ir įstatymo ŽB, o po to tikrinti gautąją ŽB įprastais verifikavimo metodais ir taip atskleisti anomalijas platesniame nei vienas įstatymas kontekste. Be to, turi būti galimybė tikrinti deontinių operatorių derinių anomalijas, įstatymų straipsnių sistemos korektiškumą. Pastarajai užduočiai siūloma suformuluoti specialias užklausas. Įstatymų verifikavimui siūloma naudoti ir specialius metodus, pritaikytus tam tikro tipo įstatymo elementų (pvz., sankcijų, klasifikatorių) darnai tikrinti. Tam ŽB reikia transformuoti į kitokius nei naudojamus ieškant įprastųjų anomalijų vidinius pavidalus.

Testavimo metoduose siūloma pasinaudoti sąvokų hierarchijomis, generuojant testinius rinkinius. Tai padeda išvengti neleistinių įvesties aibių, leidžia sudaryti norimo detalumo ir "abstraktumo" testinius rinkinius, atitinkančius norimą sąvokų hierarchijos lygmenį.

Pasitelkus metalygio išvedimo mechanizmą, galima išvesti nepilnai aprašytas (konkretizuotas) hipotezes ir įvertinti skirtingus nepilnai aprašytų situacijų pasekmių variantus, priklausomus nuo papildomų sąlygų [11].

TI sistemoje taip pat siūloma naudoti metodus, padedančius palyginti dvi ŽB, t.y. dvi įstatymo modelio versijas. Tam tinka [11] metodas, modifikuoti duomenų bazių schemų integravimo [1] metodai, požiūrių lyginimo reikalavimų inžinerijoje metodai [8].

LITERATŪRA

- [1] M. Bonjour, G.Falquet, *Concept Bases: A Support to Information System Integration*. In Wijers G. et al. (eds.), *Advanced Information Systems Engineering*, Springer Berlin Heidelberg, 1994, pp.242-255
- [2] C.L. Chang et.al. A Report on the Expert Systems Validation Associate (EVA). *Expert Systems with Applications*, Vol.1, No.3, 1990, pp. 217-230
- [3] A. Čaplinskas, L.Paliulionienė, S.Sinkevičiūtė, *Project NEMESIS: Knowledge-based aspects in law engineering systems*. In N.Revell et.al. (eds.). *Database and Expert Systems Applications*, London, 1995, pp. 413-421
- [4] L. Cholvy, *Data/Knowledge Base Consistency*. <http://www.cert.fr/francais/deri/cholvy/page.htm>, 1996
- [5] T. Hoppe, P.Meseguer, *VVT Terminology: A Proposal*. *IEEE Expert*, Vol.8, No.3, 1993, pp.48-55
- [6] M. Kifer et.al. *Logical Foundations of Object-Oriented and Frame-Based Languages*. *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol.42, No.4, 1995, pp. 741-843
- [7] S. Lee, R.M. O'Keefe, *Developing a Strategy for Expert System Verification and Validation*. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol.24, No.4, 1994, pp.643-655
- [8] J.C.P. Leite, *Viewpoint Analysis: A Case Study*. *ACM*, No.1, 1989, pp.111-119
- [9] P. Meseguer, A Preece, *Verification and Validation of Knowledge-Based Systems with Formal Specifications*. *Knowledge Engineering Review*, Vol.4, No.10, 331-343, 1995
- [10] D.L. Nazareth, *Knowledge-based System Verification, Validation, and Testing. Methods*, URL <http://www.uwm.edu/~derek/kbsvvt/kvvt.html>
- [11] L. Paliulionienė, Tiesioginis išvedimo metodas situacijos teisinėms pasekmėms įvertinti teisės inžinerijos sistemose. *Lietuvos mokslas ir pramonė. Informacinės technologijos-97*, Kaunas, Technologija, 1997, p.157-165
- [12] A.D. Preece et.al. *Foundation and Application of Knowledge Base Verification*. *International Journal of Intelligent Systems*, Vol.9, No.8, 1994, pp. 683-702
- [13] S. Sinkevičiūtė, Apie suderinamumą ir išsamumą teisės inžinerijos sistemoje. *Lietuvos mokslas ir pramonė. Informacinės technologijos-95*, Kaunas, Technologija, 1995, p.185-188
- [14] A. Strasser, *Generierung domanenspezifischer Wissensrepräsentationssysteme und Transformation von Wissensbasen mit einer Anwendung in der Rechtsinformatik. Eine Dissertation (Dr. rer. nat.)*. Technischer Universitaet Muenchen
- [15] P. Wahlgren, *Automation of Legal Reasoning. A Study on Artificial Intelligence and Law*, Kluwer Law and Taxation Publishers, Deventer-Boston, 1992, p.436

Towards checking consistency and completeness of legal knowledge bases

S. Sinkevičiūtė

The paper considers consistency and completeness requirements for rule-based knowledge bases (KB) and their verification and validation (V&V) methods, discusses specific features of legal KB. The paper discusses possible modification of V&V methods with respect to these features, in order methods to be successfully used for legal KB.