

A FELISMERÉS ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

E sorok szerzője évek óta tanulmányozza a felismerés problematikáját, amely igen fontos szerepet játszik a mesterséges intelligencia fejlesztésében is. A felismerés általános problémáinak szigorúan vett megoldása, amely a szerző vizsgálódásainak alapvető eredménye, távlatokat nyit a mesterséges intelligencia fejlesztési lehetőségei előtt. A felismerés elmélete és az elmélet szerepe a mesterséges intelligencia megalkotásában egy szakmai monográfia tartalmát képezi, amely várhatóan a jövő év folyamán fog megjelenni. Az említett monográfia struktúrája nagy vonalakban a következőkből áll: az intelligencia (emberi és mesterséges); az intelligencia és a felismerés; a felismerés általános problémája és ennek megoldása; az automatizált felismerés modellje; az alkalmazás lehetséges területei (az orvostudomány, a katonaság, a robotautomatika...), valamint a megoldatlan kérdések (társadalmi, pszichológiai és tudományos-technikai következtetések).

1. A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁRÓL

Az a szakember, aki a különböző problémák megoldásában az informatika területén a számítógéprendszer alkalmazásának kérdéseivel foglalkozik, egyre gyakrabban találkozik azzal a dilemmával: vajon meddig terjednek a számítógép képességei a mind bonyolultabb gondolkodási folyamatok realizálásában. Az informatika területén ezt a dilemmát a laikusok gyakran különböző formákban fogalmazzák meg, mint például: tud-e a számítógép gondolkodni, lehet-e a gépnek intelligenciája, elkészíthető-e szuperintelligens gép...? Az ilyen kérdések és a hasonló laikus válaszok jelentősen hozzájárulnak a mesterséges intelligencia, illetve a számítógérendszerek lehetőségeinek misztifikálásához. „A számítástechnika konzervatív hívei” szerint a gép csak azokra az értelmi tevékenységekre lesz képes, amelyekre az ember beprogramozta. „A számítástechnika radikális hívei” szerint pedig a gép képes olyan értelmi tevékenységekre is,

amelyre nincs beprogramozva, s így jelentősen túl fogja szárnyalni a legintelligensebb ember hasonló képességeit is.

A tömör és egyértelmű választ megtalálni a fenti dilemmára cseppet sem könnyű. Az egzakt válasz igénye gyakran együtt jár a szerénytelenséggel és az utópiával. A megnevezett követelményeknél gondot okoz, hogy a mai tudomány még mindig nem tud eleget az emberi intelligenciáról és a gondolkodási folyamatról. Egyelőre az ember intellektuális tulajdonságának megnevezéséről, nem pedig a megmagyarázásáról van szó. Az emberi intelligenciáról alkotott elméletünk meglehetősen üres és heterogén. Amikor mesterséges intelligenciáról beszélünk, akkor egyben az emberi intelligenciával is összehasonlítjuk. Tehát összehasonlítás folyik, melynek során azt szeretnénk a gép segítségével kiegészíteni, teljesebbé tenni, amiről még nem tudunk eleget. Ez valóban bizonyos érveket ad a kritikuskoknak, és jelenleg a „komputer konzervativizmus” híveinek van igazuk. A fejlődés iránya és a mesterséges intelligencia fejlődésének gyakorlati szükségessége azonban a „komputer radikalizmus” híveinek megdönthetetlen argumentumokat ad, melyekkel a sorok szerzője is él.

A természetes, vagy emberi intelligenciának számos tolmácsolója van mind a pszichológusok, mind más szakterületek tudósai között. Bizonyításképpen hivatkozunk néhányra:

— Az intelligencia az embernek a programozatlan gondolkodásra való képessége (H. Simon);

— Az intelligencia a bonyolult gondolati folyamatok realizálásának képessége (R. Rellman);

— Az intelligencia a világban végbemenő változásokhoz való alkalmazkodási készség, amely annyiban erőteljesebb, amennyiben a következő folyamatok eredője kifejezőbb: az információ-befogadási készség, az adatok memorizálása, az adatok feldolgozásának gyorsasága, a programok változtathatósága, melyekkel az adatokat feldolgozzák, a programozás hatékonysága és a programok átfogó képessége (C. Evans).

Már a felsorolt leírások is rámutatnak az intelligencia tolmácsolásának területén előállt nagy különbségekre. Azonban ezekben (és a hasonlókban) az intelligencia definiálásának kísérletekor kétféle törekvés figyelhető meg: hogy az intelligenciát az egyének általános értelmi képességének a közvetítésével, vagy ezen egyének speciális értelmi képessége hosszú sorának eredőjével magyarázzák. Ezen irányzatok híveinek harca meglehetősen elkeseredett. Ezért a pszichológia pillanatnyilag azt a magyarázatot fogadja el, mely szerint az intelligencia a változásokhoz és a környezethez történő rugalmas (de nem ösztönös) adaptációs készség; és leggyakrabban két definíciót alkalmaz:

Az intelligencia egyetemes képesség, mely kisebb-nagyobb mértékben vesz részt minden intellektuális aktivitásban, különösen az elvek és a törvényszerűségek feltárásában; és

Az intelligencia eredője az olyan sajátos képességeknek, mint az ítélőképesség, a következtetés, a szintézis, az analógia stb.

Az utóbbi időben mindinkább eluralkodott az a nézet, hogy az intelli-

genciához feltétlenül szükséges az általános képesség (kristályos vagy kristályosított intelligencia) és a specifikus képességek megléte. Úgy tűnik, a kristály-intelligencia túlnyomórészt az agy teljesítőképességének funkcionális következménye, s ennél fogva elsődleges, ám nem elegendő. A fluid intelligencia a kristály-intelligencia, a tudás és tapasztalat következménye. Tehát az intelligencia egy „gestalt” (minőségileg új produktum), ami az agy funkcionális teljesítőképességéből, a tudásból és a tapasztalatból áll. Hogy ebben az alakzatban mekkora tömegben vesznek részt a komponensek, hogy miként zajlik a szintézis, milyen a kölcsönös feltételezettség és az interakció, az a tudomány számára jelenleg még ismeretlen. Ezért a pszichológia számára igen fontosak a kérdések: Milyen mértékben korlátozza a kristály-intelligencia a fluid-intelligenciát, visszahat-e, és ha igen, milyen mértékben a fluid a kristály-intelligenciára, lehet-e, és ha igen, meddig lehet fejleszteni az intelligenciát stb.? Ezekre a kérdésekre a különböző tesztkísérletek segítségével már kapott a tudomány néhány választ. E válaszok elmélyítésével és argumentálásával a lélektan egyre kifejezettebb tudományos és társadalmi szerephez jut. Már azért is, mert ezek a válaszok jelentősen segítik az általános és a szakosított oktatás módjait és metódusait.

A mesterséges intelligencia értelmezésében és fejlődésében nagy szerepe van a pszichológia által szerzett tapasztalatoknak az egyéni intelligencia-értékeknek egy bizonyos közegben történő elosztási rendjéről. Ezek az értékek — egy konvencionális skála kis értékeitől a nagyokig — egy viszonylag sűrű, összefolyó spektrumot képeznek. A spektrum sűrűsége legkisebb az intelligencia kis és nagy értékeinél és legmagasabb annál a bizonyos értéknél, amelyet gyakran az illető környezet átlagintelligenciájának neveznek. Az intelligenciaspektrum szélessége és feloszlásának sűrűsége a konkrét környezettől függ (kulturális, szociális-gazdasági, szociológiai és egyéb tényezőktől). Nem helytálló tehát az intelligencia létéről vagy nemlétéről beszélni. Csupán az intelligencia kisebb vagy nagyobb értékéről beszélhetünk. A fenti értelemben a természetes intelligencia általánosan és specifikusan (a szaktudományok valamely osztálya esetében) vizsgálható. Az az egyén, aki átlagon felüli intelligenciájú, eredményesebben és rugalmasabban tud alkalmazkodni környezete változásaihoz. Alkalmasabb a nem programozott határozatok hozatalára, illetve arra, hogy saját intelligenciája magas fokú értékeinek területén érvényesítse a gondolkodás összetettebb folyamatait. Nyilvánvaló, hogy az egyszerű problémák megoldása is megkövetel bizonyos, legalább átlagon aluli intelligenciát. Ha a gépbe ilyen képességet táplálunk, akkor a gép valóban rendelkezik az intelligencia attribútumaival. Egyes szerzők azt állítják, hogy az ilyen gép már intelligenciával, értelemmel rendelkezik. Ilyen gépeinek nekünk már régóta vannak. De vajon van-e értelme az ilyen gépi képességet is intelligenciának nevezni? Nyilván csak konvenció van a kérdésben. Ma egyre inkább uralkodóvá válik a felfogás, miszerint csak akkor lehet szó mesterséges intelligenciáról, ha a gép egy átlagon felüli intelligenciával rendelkező ember intellektuális képességeivel bír. A to-

vábbiakban így kell értelmezni a mesterséges intelligenciát. Ez ma már valóság. Léteznek sakkozó gépek, melyek a játékosok 99,5⁰/₀-át legyőzik. Vannak gépek, melyek az átlagos képességű orvostól sokkal jobban diagnosztizálnak, és olyanok, melyek képesek matematikai teoremat bizonyítani, zenét komponálni stb.

A mesterséges intelligencia létét feltétel nélkül el kell fogadnunk, ám bár ma még túlnyomórészt csak a laboratóriumon belül léteznek. Széles körű elterjedése a gyakorlatban ma még a jövő kérdése, ezért olyan valami, ami még nem létezik, de feltartóztathatatlanul a megvalósulás felé tör. A technikai-technológiai fejlődés előrejelzései a világot magas fokon automatizált valósággként vetítik elénk. A magas fokú automatizálás pedig mesterséges intelligencia nélkül elképzelhetetlen. Ebből eredően érthetőek azok az óriási anyagi és intellektuális erőfeszítések, melyeket a fejlett országokban a mesterséges intelligencia fejlesztéséért tesznek. Természetesen ezen intelligencia számítógéprendszer nélkül elképzelhetetlen. A (mai vagy valamely jövőbeli) számítógéprendszer a funkcionális teljesítőképeségével a mesterséges intelligencia fejlesztésének fizikai alapját képezi. A mesterséges intelligencia fejlődése ezért az informatikában is a fejlesztés legfőbb irányát képezi, kiváltképp a software területén.

Mint már említettük, ma még a „komputer konzervativizmus” híveinek van igazuk. Miért fogadja el akkor a szerző a „komputer radikalizmus” híveinek álláspontját, amely lehetségesnek tartja a szuperintelligens gépek létrehozását? Bármilyen misztikus is a mai tudomány számára az emberi gondolkodás folyamata, nem lehetetlen, hogy a jövő tudománya felfedezze a racionális ítélőképeség általános szabályait. Nem lehetetlen, hogy felfedezik, hogy a már akkumulált tudás alapján milyen és melyik univerzális szabályt alkalmazza az emberi intellektus az új döntések és megállapítások megformálásánál. Ma azonban még lehetetlen megjósolni, hogy ez mikor valósul meg. De egészen bizonyos, hogy attól a perctől fogva a szuperintelligens gép valósággá válik. Az ilyen kijelentést már a ma elért számítástechnikai technológia és módszerei is megengedik. A gép segítségével minden egyedtől (vagy csoporttól) nagyobb mennyiségű tudás lesz akkumulálható. Ugyanakkor e gépbe betáplálható lesz a racionális ítéltszerzés már feltárt algoritmusai is. Az ilyen (mesterséges intelligencia fokozatos kiépítésével a gép eljuthat az értelmi képességeknek egy olyan szintjére, melyen — például egy Turing-féle dialóguskísérlet körtein belül — túlszárnnyal minden emberi értelmi képességet (a megállapítás a Gödel—Russell-féle tétel figyelembevételének esetében is érvényes). Az ilyen szuperintelligens gép ma még csak utópia, de a jövő számára már nem lehetetlen.

Visszatérve a mesterséges intelligenciához, annak mai értelmezéséhez, igazoltnak látszik a kérdésfeltevés: Valóban szükséges, vagy csupán divatról van szó? A válasz csak ez lehet (tekintet nélkül a szociológiai és egyéb társadalmi dilemmákra): A mesterséges intelligencia fejlődése szükséges. Ezen állítás argumentálására számtalan tény kínálkozik a kísérleti pszichológia területéről is. Csak kettőt emelünk ki:

— Egy egész sor gyakorlati feladat esetében az emberi intellektuális aktivitás túl lassú;

— az ember értelmi aktivitásának területe, amelyen belül egyidőben több alternatívát kell figyelemmel kísérni (elemezni és feldolgozni) felet-
több korlátozott (2 + 4 alternatíva 3 + 4 lépésenként).

Mint azt később látni fogjuk, az említett természetes intelligencia korlá-
tái a mesterséges intelligencia fejlesztését impliciten indokolják.

2. A FELISMERÉS ÉS AZ INTELLIGENCIA

Felismerni annyit jelent, mint hasonló tárgyak halmazában rámutatni egy nem üres alcsoportra, melynek elemei között legvalószínűbben az érdeklődés tárgya is ott található. A felismerés folyamatában döntő szerepet játszik az „érdeklődés tárgya” és a „legvalószínűbb” kifejezés. Az „érdeklődés tárgya” a felismerés kritériumával adott, vagyis azokkal a feltételekkel, amelyeknek a hasonlók csoportjában levő valamely elemeinek meg kell felelnie. A „legvalószínűbb” szakkifejezés a felismerés megbízhatóságát határozza meg. Más szóval azt, mennyire bizonyos, hogy a felmutatott tárgy valóban az érdeklődés tárgya.

A felismerés kritériumainak megfontálásától függően a szubjektív felismerésnek két alapmódszere különböztethető meg: Első, amikor egy tárgy modelljét memorizáljuk. A tárgyaknak a memorizált modellel történő összehasonlításakor elkülöníthető (felismerhető, azonosítható) az (vagy azok), amelynek a hasonlósága a modellel legnagyobb. Második, amikor valamely tárgy jellegzetességeinek sorát (az attribútumok konkretizálását) jegyezzük meg. E jellegzetességeknek a felismerés tárgyai halmazának hasonló jellegzetességeivel történő összehasonlítása során azonosítható lesz (vagy nem) az érdeklődés tárgya.

Hangsúlyozni kell, hogy a prezentációs elmélet segítségével, formális szempontból az első módszer is rávezethető a másodikra. Továbbá a felismerés specifikus módszerei is (a közvetlen, az eliminációs, a téves-pozitív, téves-negatív alapokon nyugvó) a leírt általános módszereken alapulnak. És végül a tanulók fundamentális módszereinek egyike is — az analógia — a felismerésen alapul.

A felismerés leírt általános módszere átlagon felüli emberi intelligenciát igényel. A felismerési tárgyhalmaz szerény nagysága esetében is, a kellő biztonságú felismeréshez, a karakterisztikáknak egy viszonylag hosszú láncra szükséges a kritériumban. Ez a továbbiakban azt jelenti, hogy a szubjektív felismerési folyamat sok adat megjegyzését (az adott konkretizációk láncát) és egyidőben számos alternatíva figyelemmel kísérését igényli (tárgyak, melyek a komparációban a kritériumrészeknek eleget tesznek). Más szóval a szubjektív felismerés jelentős intelligenciát követel. Ha a leírt követelményekhez ugyanakkor csatlakoznak a korábban kiemelt intelligencia korlátozások, a szubjektív felismerés hatósugarának korlátoltsága szemmel láthatóvá válik.

Ismeretes, hogy a formális módszerek elsősorban a logikus (ésszerű) ítélkezés hatósugarának megnövelését szolgálják. Sajnos, a logikus ítélkezés folyamatainak nagy hányada, különösen a döntéshozatal terén, nem formalizálható. Szerencsére, amint az a későbbiekből kitűnik, a felismerés folyamata formalizálható. Tehát tekintettel arra, hogy a formalizáció (jelenleg) az automatizáció alapvető előfeltétele, ebből egyenesen következik, hogy a felismerés folyamata is automatizálható. És ez egyben azt is jelenti, hogy a felismerés mint folyamat betáplálható a gépbe. Az ilyen gépre bátran mondhatjuk, hogy mesterséges intelligenciával rendelkezik, mert a felismerés értelmi aktivitása terén lényegesen túlhaladja az átlagos intelligenciájú ember képességeit. Az ilyen gépekre már a mai számítógéprendszerek is alkalmasak.

A felismerés folyamatának formalizációjához meghatározott jelzéseknek és konvencióknak az elfogadása szükséges. Legyen A az a_1, a_2, \dots, a_n tárgyak halmaza, melyben a felismerést végezzük. Továbbá, legyen az X_1, X_2, \dots, X_n jellemzői minden a_i -nek. Az ilyen szemantikailag is definiált véletlen változókat a továbbiakban az a_i attribútumainak fogjuk nevezni. És végül legyen az l az X_1, X_2, \dots, X_n attribútumok konkretizáció (felvett értékek) láncolata.

A bevezetett jelzések alkalmazásával minden a_i tárgyhoz egyértelműen hozzárendelhető az l_i konkretizáció lánc. Az egyértelmű felismeréshez (amikor minden egyes esetben csak egyetlen a_i -re mutatunk rá) elengedhetetlenül szükséges előfeltétel a megkülönböztethetőség, ami viszont az, hogy bármely két tárgynak — a_i, a_j — nem lehet ugyanaz az l lánc. Az a_i-l_i korrespondencia kölcsönös egyértelműsége a gyakorlati esetek többségében csak egy kifejezetten hosszú láncsal (igen nagy n -nel) valósítható meg. Mégpedig azért, mert több ilyen lánc (de legalább kettő) igen nagy hosszúságban is fedheti egymást. Ha növeljük az n -t, e láncolatok páronkénti különböztetésének valószínűsége is növekszik. Sajnos, a gyakorlatban a legtöbb esetben nem áll elegendő nagyszámú attribútum (n) a rendelkezésünkre az egyértelmű felismeréshez. Vagy racionális okok nem engedik kifejezetten nagyszámú attribútum használatát. Ekkor keletkeznek a különböző problémák, melyek összessége egyetlenegyre, a felismerés általános problémájára vezethető vissza. Ugyanakkor nagyon fontos hangsúlyozni, hogy a rendelkezésünkre álló attribútumok száma is, melyek figyelembevételét a racionális okok megengedik, már messze túlhaladja az átlagos emberi intelligencia képességeit.

A fentiek illusztrálására egy gyakorlati esetet említünk. A továbbiakban minden egyes esetben erre a példára fogunk visszatérni.

Legyen az A egy adott városnak a lakossága. Tehát az a_1, a_2, \dots, a_n a város lakosságának sora. Az X_i attribútumok például a vezetéknevét, az utónévet, a magasságot, a nemet, a vérnyomást, a pulzust... jelzik. Minden a_i lakosnak az X_i attribútumok egy konkretizáció láncra felel meg — konkrét vezetéknevét, utónév, magasság... Ha csak a vezetéknev-attribútumot vesszük figyelembe, általában sok lakosnak van egyforma veze-

tékneve. Ha azonban a vezetéknev- és utónév-attributumokat vesszük figyelembe (összetett attributum), még mindig nagyon sok hasonló vezeték- és utónévvel rendelkező személyt találunk. Annak feltétele, hogy egyértelműen felismerjünk, hogy teljes bizonyossággal azonosítsunk egy lakost, az, hogy még két lakos se rendelkezzen ugyanazzal a lánccal (ugyanazzal a vezetéknevvvel, ugyanazzal a keresztnévvel, ugyanazzal a magassággal). Hogy e követelménynek eleget tegyünk, nyilvánvalóan nagyon sok attributumot kell figyelembe venni. Ugyanakkor tegyük fel, hogy e konkrét város esetében száz attributummal rendelkezünk, illetve száz attributumtól többet nem vehetünk figyelembe. A fentiek szemléltetéséhez két észrevétel kívánkozik. Először, a kölcsönösen egyértelmű identifikátor hozzárendelése (például a személyazonosító szám) nem csökkenti az elemzős általános érvényét. Másodszor, az emberi intelligencia szempontjából a több száz (vagy akár sok száz) attributumot is már korlátlanul tekinthetjük.

3. A FELISMERÉS ÁLTALÁNOS PROBLÉMÁJA

Ha előre adott a felismerés kritériuma, a felismerés triviális. Az egyértelmű felismerés kritériumi láncolatának szükségszerű nagysága miatt kénytelenek vagyunk elállni tőle. Egy bizonyos mennyiséget a maximális megbízhatóságból feláldozunk a realitás javára. Tehát a kritérium maximális hosszúsága helyett tudatosan használunk egy rövidebb kritériumot. Ebben az esetben viszont felmerül az a kérdés, hogy hogyan lehet a sok attributumból kiválasztani egy kevesebb számú halmazt, melynek alapján mégis biztosítható a szükséges megbízhatóságú felismerés? A probléma más megfogalmazása szerint — hogyan választható ki a rendelkezésünkre álló halmazból az attributumok legkisebb száma, melyek alapján elérhető a szükséges megbízhatóságú felismerés?

A probléma illusztrálására hívjuk segítségül a már említett példát. Álljon minden lakosról a rendelkezésre száz attributum, mondjuk: vezetéknev, utónév, magasság... Egy bizonyos konkretizáció lánc ismeretében, mondjuk: Sárosi Péter, 180 cm..., kiválaszthatók mindazok a lakosok, akiknek vezetékneve Sárosi, utóneve Péter, magassága 180 cm. E kiválasztás vagy felismerés azzal a maximális megbízhatósággal rendelkezik, melyet a rendelkezésünkre álló száz attributum megenged. Ha azonban elállunk a felismerés maximális megbízhatóságától, és ha megelégszünk az R megbízhatósággal, felvetődik a kérdés: hogyan és mely attributumokat kell a rendelkezésünkre álló százból kiválasztani ahhoz, hogy biztosítsuk az R megbízhatóságot? Használjuk-e a felismerés folyamatában a vezetéknevet, az utónevet, a nomen... (60 ilyen); vagy a címet, a születési dátumot, a vezetéknevet... (35 ilyen), bár mind a két változat biztosítja az R -t? A másik változat szerint: hogyan lehet kiválasztani a legkevesebb attributumot, mondjuk a: címet, születési dátumot, vezetéknevet, az anya vezetéknevét... (20 ilyen), melyek a felismerés során biz-

tosítják az R-t úgy, hogy a 100-ból bármely 19 attributumkombináció ugyanakkor még nem biztosítja az R-t.

Könnyű megfigyelni, hogy a dilemmára adódó válaszokat a rendelkezésünkre álló attributumokból szerkesztett kombinációk lehetséges különböző osztályai ellenőrzésével kaphatjuk meg. De az ilyen ellenőrzés esetleges kísérlete a probléma összetettségére figyelmezteti a kutatót. Ennek ellenőrzése, hogy a rendelkezésünkre álló 100 attributum közül melyik 10-nek a kombinációja biztosítja az R megbízhatóságot, több mint 10 billió kombináció ellenőrzését követeli meg. Az ellenőrzést nemcsak a 10 kombináció esetében kellene elvégezni, hanem az összes többiben is. Nyilvánvaló, hogy a felismerés kérdésének megoldása az ellenőrzés módszerével nem reális, gyakorlatilag lehetetlen, tekintet nélkül a rendelkezésünkre álló műszaki segítőeszközökre.

Mint már említettük, a felismerés felsorolt problémái egyetlen kérdésre, a felismerés általános problémájára vezethetők vissza. Ezt a következőképpen fogalmazhatjuk meg: elrendezhető-e a rendelkezésünkre álló attributumok halmaza egy olyan sorba (sorozatba), mely a megfelelő hosszúságú kombinációkhoz viszonyítva tetszőleges hosszúságával a kezdetétől biztosítja a felismerés maximális megbízhatóságát?

A felismerés általános problémájának formalizált kifejezése a következőképpen hangzik: létezik-e olyan láncolatba foglalható sorrendje az A felismerési halmaz a_i elemei $\{X_i\}$ attributumainak, melyek számára az első r ($1 \leq r \leq n$) biztosítja — az n attributumok $\{X_i\}$ halmaza r hosszúságának minden kombinációjához viszonyítva — a felismerés maximális megbízhatóságát.

A későbbiekben láthatjuk, ilyen sorrend valóban létezik. Feltételesen nevezzük optimális sorrendnek. A felismerés általános problémája imént említett megfogalmazásának több ekvivalens kimutatása létezik: az optimális identifikáció, a maximális gyorsasággal történő felismerés, az optimális diszkrimináció, az optimális klasszifikáció, az attributumok optimálisan releváns jellege stb.

A felismerés általános problémájának megoldása az illusztrálásra használt, korábban említett példa esetében egyszerűen interpretálható: az optimális sorrendből az első r ($r = 1, 2, \dots, n$) attributum biztosítja a lakosság csoportjában a felismerés (identifikáció) maximális megbízhatóságát. Más szóval a rendelkezésünkre álló halmazon belül semmilyen más r kombinációja az attributumoknak nem biztosítja a felismerés nagyobb megbízhatóságát, mint az optimális sorrendből az első r . Úgy tűnik, nem kell különösebben részletezni, hogy a lakosság attribútuma optimális sorrendjének mekkora szerepe van a rendőrségi identifikációban. Előre megmondja a rendőrségnek, milyen attributumok alapján lehet legmegbízhatóbban felismerni azt a polgárt, aki után érdeklődünk. Ugyanakkor könnyű észrevenni a leírt eset analógiáit más, igen jelentős gyakorlati problémákkal: az ipar (a felmondási típus diagnózisa), a robotautomatika (a tárgy, a helyzet, a pozíció felismerése), a katonaság (repülő, vagy úszó objektu-

mok felismerése), az orvostudomány (diagnózis), az irodalom és a művészet, (a szerző felismerése) a prognosztika (jövőkutatás) terén.

A felismerés általános problémájának jelenleg még nincs teljes mértékben egzakt és tudományos megoldása. E sorok írója valamennyi bátorságszerzés után meri mondani, hogy a felismerés problematikája terén végzett kutatásai bizonyos értelemben úttörő jellegűek. E munkák eredménye rámutat a megismerés általános problémájának teljes megoldási lehetőségeire. Nemcsak az említett megoldás lehetőségéről van szó, hanem szó szerint a felismerés elméletének kidolgozásáról is. Természetesen, egy ilyen elmélet széles problémakört nyit a kutatónak, hisz még csak az első lépéseket tettük meg. De amint látni fogjuk, már az eddigi eredmények is rámutatnak a felismerés automatizálási lehetőségére, azaz a mesterséges intelligenciának a felismerés területén történő kifejlesztésére. Ez a mesterséges intelligencia sokkal gyorsabb és megbízhatóbb lesz, mint az átlagos ember értelmi képessége.

4. A FELISMERÉS PROBLÉMÁJÁNAK JELENLEGI MEGOLDÁSAI

Óriási gyakorlati jelentősége miatt a felismerés problémája évek óta foglalkoztatja a kutatókat. Éppen ezért ma már e kérdésnek többféle, egymástól különböző megoldása létezik. De mint már említettük, e megoldások többnyire parciálisak, többé-kevésbé heurisztikusak. Az alaposabb elemzés igénye nélkül, pusztán ún. informatív alapon, az alábbiakban röviden ismertetjük a már létező megoldásokat.

A megoldásokat két nagy csoportra oszthatjuk: az egzakt és a heurisztikus hozzáállású megoldásokra.

Az egzakt hozzáállás valamilyen, már ismert matematikai tételre alapszik. Ilyenek a bayessi megközelítés, a diszkriminációs függvények alapján történő megközelítés stb.

A bayessi megközelítés az ismert Bayess-képletre alapszik. Az a képlet a jobboldali számítással vagy különböző becslésekkel az ismert következmény okozatának valószínűségét adja. A korábbi jelzést használva az a tárgyak az I_1 attributumkonkretizáció láncok megjelenési okozataként tekinthetők. Tehát a Bayess-képlet felleletet ad a kérdésre — mekkora a valószínűsége annak, hogy az előre adott I láncnak éppen az a_i tárgy felel meg? Sajnos, az adott I kritérium legvalószínűbb a_0 tárgyának megtalálásához, illetve a legmegbízhatóbb I kritérium megtalálásához, az $a-l$ kombinációs pár számtalan variációját kell ellenőrizni. Az ilyen gyakorlati nehézségek miatt a bayessi megközelítési mód parciális marad. Bizonyos értelemben a kutatók leleményes találgatásáról van szó. Az előre kiválasztott $a-l$ pár (esetleg több pár) esetében a $p(a/l)$ valószínűséget statisztikai kísérlet alapján számítják ki. De viszont már arról, hogy ez a valószínűség a legmegfelelőbb-e, esetleg ha nem, akkor a továbbiakban mit kell tenni, a bayessi megközelítés semmit sem mond.

A diszkriminációs módszer szintén statisztikai kísérletre alapszik. Az

ugyanazon attributumok állandó sorrendjéből származó különböző láncokhoz az n -dimenzionális tér különböző pontjait rendeljük. Minden attributumnak e tér egy tengelye felel meg. Minden egyes ilyen ponthoz a neki megfelelő a tárgyat hozzárendeljük. Tétélezzük fel, hogy a minta a_i tárgyai két különböző osztályhoz tartoznak. Továbbá, hogy az n -dimenzionális térben található olyan függvény (legtöbbször lineáris), mely a kellő precizitással korrespondenált pontokat két osztályra választja. Akkor azonban egy adott lánc alapján meghatározható az ilyen térben a neki megfelelő pont is. Végül pedig meghatározható e pontoknak a korábban meghatározott osztályokhoz való tartozása, illetve a megfelelő tárgynak a tárgyak diszkriminált osztályához való tartozása. A felismerés e megközelítési módjának hasonló fogatékosságai vannak, mint a már említett bayessi megközelítésnek.

A felismerés problémájának heurisztikus megközelítésen alapuló megoldásából igen sok van. Már a figyelemmel kísérésük is alapos kutatómunkát igényel. Ezért csupán kettőt említünk meg: a hagyományosat — az alak felismerését és a korszerűt — az expert rendszert.

A határ felismerés vagy — a korszerű változatban — az alak felismerés ma már a felismerés területén történő mesterséges intelligencia kiépítésének hagyományos megközelítését képezi. Az ilyen jellegű megközelítés ötlete a határvonalaknak, illetve a határfelület standard (véges) differenciált vonalakra, vagy felületekre történő felosztásán alapszik. A konkrét határvonalaknak vagy határfelületnek a standard differenciál elemekre történő felbontásával, valamint a viszonyuknak és helyzetüknek memorizálásával automatikusan rekonstruálható a kiinduló határvonal vagy az alak határfelülete. A konkrét határvonal vagy felület felbontásával standard differenciál elemekre hasonlítást lehet végezni a modell már memorizált, differenciál elemeivel. Így határt vagy alakot lehet automatikusan felismerni. A forma felismerése mint a mesterséges intelligencia kiépítésének megközelítési módja ez ideig szerény eredményeket hozott, bár e megközelítési mód továbbfejlesztését világszerte óriási anyagi befektetésekkel és nagy kutatói erőfeszítésekkel szorgalmazzák. Alapvető fogatékossága ennek a megközelítési módnak az, hogy a határ, illetve az alak csak forma. A lényegi különbözőség, tekintet nélkül a forma esetleges egyenlőségére, a megfelelő tárgyak különbözőségét is okozza.

Az expert rendszer a mesterséges intelligencia kiépítése terén az elért eredmények szempontjából a legmagasabb fokon áll. Az expert rendszer kiépítésének ötlete a szakértői ítéletek automatizálásán alapszik. A kritériumok és a rájuk épülő döntések, melyek a szakértők tudásának és gyakorlatának fejlődésén alapulnak, bizonyos mértékben automatizálhatók. E mérték arányos a szakértők képességével és felkészültségével. Gyakran ez az automatizálás a tudományos műszaki tevékenység specifikus területén tevékenykedő szakértők átlagos „tudását” öleli fel. Így például a jó diagnosztika orvosok szakértelmével (tudásával és tapasztalatával) meghatározhatóak egyes betegségek szimptomái. Ez véghezvihető az orvostudomány minden egyes területén, illetve a szakértelem részterületein. Ezek

után nem nehéz automatizálni az ellenőrzés algoritmusát — a szimptómák melyik halmazának és e szimptómák melyik értékskálájának felelnek meg a konkrét páciensek sajátos szimptómái. A betegséget tehát automatikusan diagnosztizálják. Az ilyen és ilyhhez hasonló expert rendszerek már a gyakorlatban is léteznek. Az expert rendszer tehát átlagon felüli tudással rendelkezik a szakértelem szélesebb területén. Ezért az ilyen rendszerek az egyes szakértőktől szélesebb tudással rendelkeznek, ugyanakkor sokkal mélyebb tudással, mint az átlagos intelligenciájú specialistáktól. Mégis az expert rendszereknek minden afirmáló jellegzetességük ellenére is korlátolt az alkalmazhatósága — mégpedig a szakértők intelligenciájának természetes korlátai miatt. Végül e rendszerekkel kapcsolatban érdemes még egy részvételt tenni. Az ilyen rendszerek a gyakorlatban ténylegesen szakértőként viselkednek a párbeszédben. De helytelen csupán ezért expert rendszereknek nevezni őket, hiszen ez, ebben az esetben csupán a mesterséges intelligencia szinonimája lenne. Az expert rendszerek azért „expertek”, mert szakértői ítéleteken alapulnak.

5. A FELISMERÉS ÁLTALÁNOS PROBLÉMÁJÁNAK MEGOLDÁSA

A felismerésprobléma létező megoldásainak meghatározott elméleti és gyakorlati jelentősége van. De fogyatékoságaik miatt gyakorlati jelentőségük korlátolt. A mesterséges intelligencia fejlesztése a felismerés problémájának teljesebb és részletesebb megoldását követeli. Sajnos, a tudományban jelenleg ilyen megoldások még nincsenek. Egyebek között e soroknak is az lenne a feladata, hogy rámutassanak az általános megoldás formalizált módjaira.

Az általános megoldási folyamat figyelemmel kísérése bizonyos előtudást követel meg több tudomány területéről is, mint amilyen a rendszerelmélet, az információelmélet, vagy a valószínűségi számítás stb. Az e szakterületeken előállt heterogenitás folytán különösen fontos kellő árnyaltsággal értelmezni egy sor jelentős fogalmat. Már csak azért is, mert a félreértések többé-kevésbé a fogalmak téves értelmezéséből erednek.

Természetes, hogy e munka kereteiben nem foglalkozhatunk a szűkséges fogalmak külön-külön történő értelmezésével, sem a tételek következetes levezetésével, s ezért bizonyos konfúzió sem lesz kizárt. Figy. ezt némileg csökkentjük, az „ismeretes” megjelöléssel felsoroljuk a legfontosabb fogalmakat és tételeket. Az új fogalmaknak és tételeknek, bár szintén csak informatív szándékkal, valamivel több figyelmet szentelünk.

5.1. Bevezető fogalmak és tételek

A tudomány területein gyakran használják az olyan ismert fogalmakat, mint: folyamat, jelenség, esemény, kísérlet stb. Jelentőségénél fogva a kísérlet fogalmát külön is aláhúzzuk. Kísérleten bizonyos feltételek és

hatások megteremtését, majd létrejöttük után bizonyos jelenség szemléletét értjük. Ilyen értelemben a passzív megfigyelés is kísérlet.

További fontos ismert fogalmak: a valószínűség, véletlen változó, jellemző, attribútum, adat, jel stb. E fogalmak elementáris vagy komplex (összetett) formában jelentkezhetnek. Ezekhez a fogalmakhoz kötött fogalmak kapcsolódnak, mint a valószínűség elosztási függvény, a valószínűség függvény, a valószínűség sűrűségi függvénye stb. Ki kell emelni, hogy a véletlen változók konkretizációs folyamatát kísérletnek is tekinthetjük.

Az iménti fogalmak segítségével több jelentős filozófiai kategória és elv is megmagyarázható. Ilyen például a merev determinizmus, a véletlenszerűség, a szükségszerűség és véletlenszerűség egységének elve, a forma és a lényeg, a hasonlóság stb. Ezeknek a kategóriáknak és telveknak nincs közvetlen kapcsolatuk a felismerés elméletének fogalmaival és telveivel, de közvetett szerepük különösen fontos.

A felismerés elméletében nagy szerepük van a következő fogalmaknak: előre nem látható jellege (bizonytalansága) a véletlenszerű kísérletnek és a kísérlet entrópiájának. A kísérlet bizonytalansága a „szükségszerűség és véletlen” elméleten alapszik. Minden kísérletnek objektív tulajdonsága ez, és a kimenetel nem teljes előreláthatóságát jelenti a kísérleti folyamat ideje alatt. A bizonytalanság fogalmi szempontból teljesen más, mint a valószínűség. Az A kísérlet bizonytalanságának foka az entrópiája ennek a kísérletnek, és $H(A)$ -val jelezzük. Ezt az ismert kibernetikai fogalmat nem szabad azonosítani a termodinamikai entrópiával. Az entrópiát, mint a kísérlet bizonytalanságát jelző számot legtöbbször „bit”-tel jelezzük ki. 1 bit-es entrópiával rendelkezik minden olyan kísérlet, melynek két egyformán lehetséges kimenetele van. Az ilyen kísérlet egyben etalonként is minősíthető. A $H(A) = x$ bit azt jelenti, hogy az A kísérlet kimenetele x -szer bizonytalanabb az etalonnál.

A felismerés elméletének kidolgozásában jelentős szerepük van az olyan fogalmaknak is, mint: a feltételes entrópia $H(A/B)$, összetett entrópia $H(A_1, A_2, \dots, A_n)$, információ $J = (A, B, S, I)$ és az információ mennyisége $I = I(A, B)$. Az A kísérlet feltételes entrópiája a B kísérlet után az A átlagosan megmaradt entrópiája a B kísérlet egyes végkimeneteleit követően. Az összetett entrópia az összetett kísérlet entrópiája. Az információ olyan logikai nagyság, mely négy komponenssel rendelkezik: A-tárgy (kísérlet) melyre vonatkozik, B-tárgy (kísérlet) mely közli, S- az információ szemantikája (értelme, tárgyi jelentése) és az I-intenzitás (az információ mennyisége). Ha a komponensek bármelyike hiányzik, nem beszélhetünk információról. Az I információmennyiség az A bizonytalanságának átlagos csökkenése a B után, illetve $I(A, B) = H(A) - H(A/B)$.

A felsorolt fogalmakkal kapcsolatban a továbbiakban a tulajdonságuk és a velük kapcsolatos álláspontok ismeretét is feltételezzük. Egy tételt mégis külön kiemelünk, mégpedig: $(1) (A, B_1, B_2, \dots, B_n) < (A, B_1) + I(A, B_2) + \dots + I(A, B_n)$ (az = jel csak szigorúan triviális, a gyakorlat szá-

mára elképzelhetetlen esetben érvényes, ezért hagyjuk ki). Ezt azért tesz-
szük, mert a szakirodalomban gyakran találkozunk az ellentétes állítással
is. Az 1. tétel szigorú bizonyítását az olvasó e sorok szerzőjének korábbi
munkáiban találja meg.

5. 2. A függőség elmélete

A függőség kérdésének a tudomány nem szentel elegendő teret, holott
ez márcsak azért is több figyelmet érdemel, mert a dialektikus materia-
lizmus néhány alapelve is rajta alapul. Ugyanakkor nagyon sok gyakor-
latilag igen jelentős probléma tartópillére is: a faktoranalízisé, a korrelá-
ciós analízisé, a regressziós analízisé stb. A jelen szaktudománynak, a
függőség területen végzett kutatásainak végső eredménye a korrelációs
koefficiens, illetve a korrelációs hányados. Könnyű azonban meggyőződni
rőla, hogy a korrelációs koefficiensnek és a korrelációs hányadosnak nagy
fogyatékoságai vannak. Így például a korrelációs koefficiens argumentu-
mainak szimmetrikus funkciója, ami azt jelenti, hogy a véletlen változók
között valamilyen átlagos összefüggést mér. Ugyanakkor azt is tudjuk,
hogy e függés irányzott (a nem szinte funkcionálisan függ a névtől, míg
fordítva a függőség nem létezik). Vagy például a függőség különböző
intenzitása esetében is a korrelációs hányados lehet egyforma.

A függőség mérésére szolgáló módszerek fogyatékoságai e függőség
területén a tulajdonságok és törvényszerűségek nem kellő mértékű elem-
zését eredményezik. Ezzel szemben a felismerés problémájának megoldása
a függőség tulajdonságainak teljes mértékű ismeretét követeli. Ilyen diver-
gens helyzetben a szerzőnek szükségszerűen kellett az elemi és az össze-
tett függőségnek tulajdonságait kutatnia. A kifejlesztett fogalmak és a bi-
zonyító tételek deduktív, szoros, egyértelmű egységet alkotnak. Ezért is
beszélhetünk összefüggés-elméletéről. Természetesen, az elért eredmények
lehetővé teszik az elmélet intenzívebb továbbfejlesztését.

Az összefüggés elméletéből, bizonyítás nélkül, csupán az elengedhetet-
len tételeket soroljuk fel, melyek közvetlenül segítik a felismerés problé-
mamegoldását. E tételek szigorú bizonyítását és általában bővebb rész-
leteket az összefüggés elméletéről az olvasók a szerző korábbi munkáiban
találhatnak.

Az Y véletlen változó (a továbbiakban csak változó) az X változótól
való függése fogalma alatt az X konkretizációja alapján lehetséges Y
koncretizációjára történő rámutatást értjük. Az ilyen lehetőségnek objek-
tíve adottnak kell lennie és szükséges, hogy az intenzitása konvencioná-
lisan 0 és 1 között mozogjon. Az $Y(X) = 0$ függőség intenzitására azt
mondjuk, hogy Y nem függ az X -től. Ha viszont az $Y(X) = 1$, akkor azt
mondjuk, hogy az Y funkcionálisan függ az X -től (hisz a rámutatási
lehetőség valamely szabály, illetve törvény szerint maximális). A funkcioná-
lis függőség kutatása a klasszikus funkcionális analízis tárgyát képezi.
A valóságban a változók függősége leggyakrabban az említett végtetek

között található. Tehát a gyakorlatban különös jelentősége van az Y konkretizációjára az X ismert konkretizációja alapján történő rámutatásnak. Ha $Y(X)$ függőségről van szó, akkor az említett rámutatás átlagos lehetőségének kérdése áll fenn, az úgynevezett statisztikai függőség. Hangsúlyozzuk, hogy a függőség fogalmát meg kell különböztetni az okszerűség (kauzalitás) fogalmától. A függőség egyáltalán nem implikálja a kauzalitást.

Az Y -nak az X utáni feltételezett bizonytalansága, illetve a $H(Y/X)$ feltételes entrópiája az Y -nak az X -tól való függőségének kizárólagos következménye, illetve $Y(X)$. Ismeretes, hogy az $Y(X) = 1$ értéknek $H(Y/X) = 0$, és az $Y(X) = 0$ értéknek $H(Y/X) = H(Y)$ felel meg. Továbbá logikus követelmény, hogy a $H(Y/X)$ és az $Y(X)$ között a kapcsolat lineáris legyen. A felsorolt tényekből közvetlenül adódik a függőség intenzitásának formális definíciója:

$$(2) \quad Y(X) = \frac{H(Y) - H(Y/X)}{H(Y)} = \frac{I(Y; X)}{H(Y)}$$

$$= \frac{H(X) + H(Y) - H(XY)}{H(Y)}$$

Az elementáris függőség egyes tulajdonságai (ha az X és Y változók elementárisak):

— Ha az $Y(X) \neq 0$, akkor $X(Y) \neq 0$.

Ha tehát egy irányba létezik függőség, akkor a másik irányba is feltétlenül létezik a függőség.

— Ha $Y(X) = 1$ és $H(X) = H(Y)$, akkor, és csakis akkor, $X(Y) = 1$. Ha tehát az Y funkcionálisan függ az X -tól, akkor a fordított funkcionális reláció igazságtalálásához szükséges a változók entrópiájának egyenlősége is. E tételnek fontos szerepe van a klasszikus funkcionális analízisben, az inverz függvények egzisztenciális problémájának vizsgálatában.

— Abban az esetben, ha $H(X) \neq H(Y)$, akkor az $Y(X) \neq X(Y)$ is érvényes, tehát általában a kölcsönös irányított függőségek különbözőek.

— Ha $Y(X) \neq 0$, akkor $Y(X)/X(Y) = H(X)/H(Y)$. Tehát a kölcsönös irányított függőségek viszonya megfelel az a változók entrópiái viszonyának, melyekből az irányok erednek.

— Mindig $Y(X) \leq \min [H(X), H(Y)]/H(Y)$. Ez a tétel a függőségek értékelésénél használatos a szelekciók esetében.

— Ha $Z(Y) \neq 0$ és $Y(X) \neq 0$, akkor $Z(X) \neq 0$. Tehát az elementáris változók esetében a tranzitivitás törvénye érvényes.

— Végül az átlagos (közép) függőséggel kapcsolatban szükséges a megjegyzés, hogy

$$S[Y(X), X(Y)] = C \times S[H(X), H(Y)],$$

ahol a C -konstans, az S pedig a retszés szerinti középérték jelzése.

Az említett előismeretek alapján különösebb nehézségek nélkül definiálható az úgynevezett feltételezett függőség intenzitása,

$$Z_X(Y) = \frac{H(Z/X) - H(Z/XY)}{H(Z)} = \frac{I_X(Z, Y)}{H(Z)},$$

illetve, az összetett függőség

$$Z(XY) = Z(X) + Z_X(Y) = Z(Y) + Z_Y(X).$$

Az összetett függőség néhány tulajdonsága:

— Ha a $Z(X) \neq 0$ és $Z(Y) \neq 0$, akkor $Z_X(Y) < Z(Y)$ és

$$Z(XY) < Z(X) + Z(Y);$$

— $Z(XY) \geq \max [Z(X), Z(Y)]$;

— Ha az X, Y, Z (változók) legalább két irányított függősége adott, de különböző változók között, akkor létezik mind a hat lehetséges irányított függőség.

— Ha $Y(X) \neq 0$, akkor Z vagy függ az X -től is és Y -től is, vagy mindkettőhöz viszonyítva izoláltan áll.

— (3) Ha a változók halmazában létezik két egymástól független, akkor legalább két olyan alhalmaz létezik, melyekre érvényes, hogy az egyik bármely eleme független a másik összes elemeitől.

Különösen fontos ez utóbbi tétel, melyet tovább lehet általánosítani. Természetesen, a felsoroltak mellett több más összetett törvényszerűséget is bebizonyíthatunk, különösen abban az esetben, ha bevezetjük a redundáns függőség fogalmát is. De az ilyen bizonyítások túlhaladják e munka kereteit. Megemlítjük azonban, hogy az összetett változók esetében nem feltétlenül érvényes a tranzitivitás törvénye.

5.3. A felismerés általános problémájának megoldása

Az eddig előadott fogalmak és értelmezések lehetővé teszik a felismerési általános probléma teljes és egzakt megoldásának kidolgozását. Azonban e megoldás kifejtéséhez a felismerés megbízhatósága fogalmának árnyaltabb meghatározása szükséges. Az eddigi fejtegetés átengedte az olvasónak e fogalom intuitív értelmezését.

A felismerés folyamatának végén egy elkülönített tárgy áll, az $a_0 \in A$, amely a meglévő döntés értelmében az érdeklődés tárgya. Tekintettel a felismerés egyértelműségének hiányára, mindig fennáll a gyanú — vajon a kiválasztott a_0 tárgy valóban az érdeklődés tárgya-e? Nem téves döntésről van-e szó. A szóban forgó kimutatásnak más formát is adhatunk, ha a döntés helyességének meggyőződéséről van szó. Ha a felismerésnek ugyanaz a folyamata (módszere) sokszor ismétlődik, a döntés helyességének gyanúja is, biztonsága is saját átlagértékei körül — amelyek komplementárisak — stabilizálódnak. Az a_0 tárgy (az érdeklődés tárgya) kiválasztására vonatkozó döntés bizonyosság átlagértéke képezi a megfelelő

felismerési folyamat (módszer) megbízhatóságát. Hangsúlyozni kell, hogy a megbízhatóság a felismerés folyamatának (módszerének, eljárásának) objektív tulajdonsága.

Mivel a különböző felismerés eljárásoknak különbözők az eredményeik, ezért mérhető. Megegyezés szerint a megbízhatóság értéke 0 és 1 között mozog, és ez többféle módon mérhető. Egyik lehetőség a tévesen választott események ellentétes valószínűségének segítségével:

$$R = 1 - \frac{m - 1}{n},$$

ahol az n az A halmaz elemeinek száma, az m pedig az érdeklődésnek egyforma valószínűséggel objektumok osztálya elemeinek száma. A már említett példa nyomán tételezzük fel, hogy a felismerés (identifikáció) a vezetéknev és az utónév alapján történik. Ha a kritérium xy , akkor az $n = 10^5$ -ből 2000-nek x vezetékneve, ebből pedig 501-nek y utóneve van. Ez esetben $R = 0,995$. Ha a felismerés a vezetéknev és a nem attributumok alapján történik és 2000 x vezetéknev közül 1001 férfi, akkor az xz kritériumok esetében a megbízhatóság $R = 0,99$. Tehát kisebb, mint az xy kritériumok esetében.

A megbízhatóság-számítás imént leírt módjának — mely teljesen korrekt és gyakran használt — jelentős gyakorlati fogyatékoságai vannak. Az ily módon végzett számítás a posteriori jellegű. Be kell fejezni a felismerés folyamatát egészen az egyformán valószínű objektumok közötti választás eldöntéséig, csupán az után kerülhet sor a megbízhatóság-számításra. Ugyanakkor a különböző kritériumok (ugyanazon attributumokból komponált kritériumok) esetében a megbízhatóság értéke különböző. A gyakorlat számára viszont különösen jelentős a megbízhatóság a priori értékelése. Nem az a fontos, hogy a felismerés megbízhatósága az x_1y_1 vezeték- és utónév alapján kisebb vagy nagyobb mint az x_2y_2 vezeték- és utónevek alapján. Sokkal fontosabb, hogy a vezeték- és utónév attributumok alapján átlagban nagyobb megbízhatóság érhető el, mint mondjuk rá a súly és a nem attributumok alapján. Az ilyen megbízhatóság a priori értéke lehetővé teszi a felismerés folyamatában a releváns attributumok kiválasztását.

A felsorolt okoknál fogva a felismerés folyamatának megbízhatóságát, a segéd kísérlet (az adott attributumok konkretizációja) után az alapkísérlet (az A halmaznak melyik a_0 eleméről van szó) bizonytalanságának normalizált átlagos csökkenéseként definiáljuk. Analitikusan

$$R = \frac{H(A) - H(A/X_1X_2 \dots X_r)}{H(A)} = 1 - \frac{H(A/X_1X_2 \dots X_r)}{H(A)}.$$

Az ilyen kifejezést az információ mennyiségének segítségével és a függőség segítségével is értelmezni lehet. Utolsó megjegyzésként leszögezzük,

hogy a megbízhatóság szokványos és fent elfogadott kifejezése között meghatározott közvetlen reláció áll fenn.

A felismerési probléma megoldásában különös jelentőségük van a következő tételeknek:

$$- H(X_1 X_2 \dots X_n) = H(P_n),$$

ahol a P az argumentumok tetszés szerinti permutációját jelenti. Tehát az entrópia nem függ az argumentumok sorrendjétől;

$$- H(X_1 X_2 \dots X_{r-1}) \leq H(X_1 X_2 \dots X_r), \text{ az } r = 2, \dots, n.$$

Tehát az entrópia nem csökken, ha az argumentumok száma nő. Azt a funkciót, mely a $0, H(X_1), H(X_1 X_2 \dots), H(X_1 X_2 \dots X_r)$ értékek interpolációja során keletkezik, a továbbiakban az $X_1 X_2 \dots X_r$ lánc entrópia funkciójának, illetve röviden az entrópia funkciójának nevezzük.

— Az $X_{i_1} X_{i_2} \dots X_{i_r}$ lánc entrópia funkciója, ahol az $1 \leq i_r \leq n$, az argumentumok sorrendjétől függ, abban az esetben, ha az r növekszik.

— (4) Létezik az attributumoknak egy olyan sorrendje, mondjuk az X_1, X_2, \dots, X_n , amely esetében az entrópia funkciója konvex (a konvexitás a H -tengellyel szemben nyilvánul meg). Nevezzük ezt a sorrendet konvex sorrendnek (a továbbiakban KS);

— (5) Létezik az attributumoknak egy olyan sorrendje, mondjuk az $X_1 X_2, \dots, X_n$, mely számára a $H(P_r) \leq H(X_1 X_2 \dots X_r)$ érvényes, minden $r = 1, 2, \dots, n$ számára, melyben a P_r bármely r számú kombinációja az n rendelkezésünkre álló attributumoknak.

Az első három tétel többé-kevésbé ismert és megtalálható az információelmélet általános szakirodalmában. A negyedik és ötödik tétel a felismerés elméletének alapvető tételeit jelenti. Múltbeli hiányunk korlátozta a felismeréselmélet fejlődési lehetőségeit.

Az utolsó tételnek, az optimális konvex sorrend létezésének (a továbbiakban OKS) bizonyítása terjedelmes, és a függőségelméleten alapszik. Ezért a bizonyításról itt csupán informátívan szólnunk. Bővebb részleteket az olvasó a szerző egyéb műveiben talál. Mégis a további taglalás előtt hasznos lesz grafikailag is bemutatni a felsorolt tételeket. Ennek bemutatása az 1. ábrán történik.

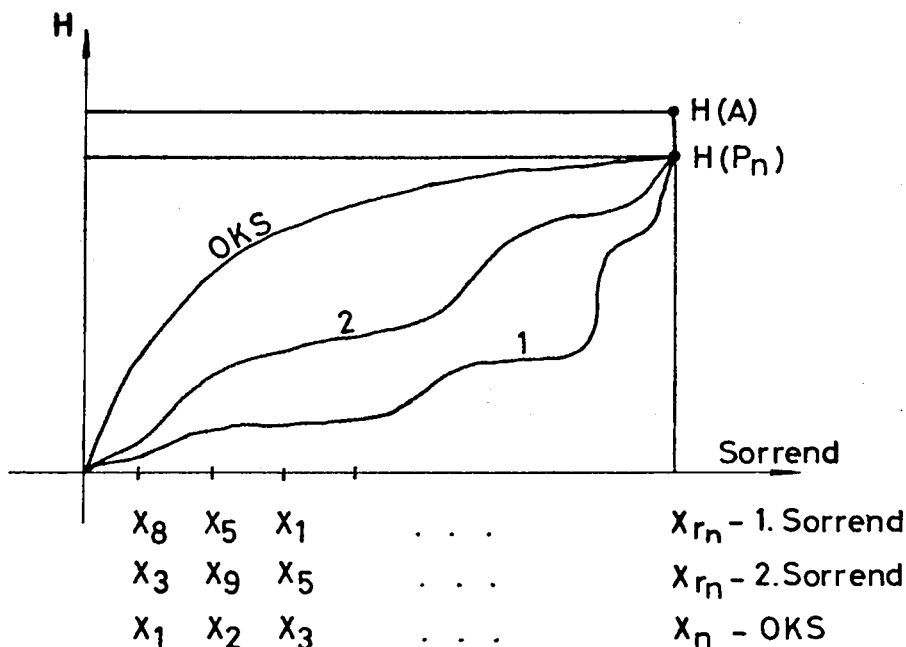
Megjegyzésként csupán annyit az 1. ábrához, hogy az OKS entrópia funkciója az attributumok bármelyik más sorrendje entrópia funkcióját fedi.

A negyedik és az ötödik tétel bizonyítása a következő elemzések alapján történik. Legyen az X_1, X_2, \dots, X_n az attributumnak olyan sorrendje — a rendelkezésünkre álló n számú attributumokból kialakítva —, melyre érvényes a

$$H(X_1) = \max_{1 \leq i \leq n} [H(X_i)]; \text{ és}$$

$$H(X_j / X_1 X_2 \dots X_{j-1}) = \max_{j \leq i \leq n} [H(X_i / X_1 X_2 \dots X_{j-1})], \text{ j} = 2, 3, \dots, n.$$

A gyakorlatban kicsi a lehetősége annak, hogy a fenti egyenlőségek az i -index több értékére is érvényesüljenek. Ha ilyesmi mégis előállna, az



1. ábra

ilyen attribútumokból a tetszés szerintit kell kiválasztani és az első, a j pozícióra kell beállítani.

Az attribútumok így módon kialakított sorrendjére a negyedik és az ötödik tétel érvényes.

Valóban, ha

$\Delta_j = H(x_1 x_2 \dots x_{j+1}) - H(x_1 x_2 \dots x_j)$, $j = 1, 2, \dots, n-1$, akkor az attribútumok sorrendjének megformálása állapotján következik, hogy $\Delta_{j+1} \leq \Delta_j$. Könnyű meggyőződni arról, hogy a j -index legalább egy értéke számára az egyenlőtlenség szigorú törvénye érvényes. Ha minden egyes j -re az egyenlőség érvényes lenne, akkor ez azt jelentené, hogy $H(x_i) = H(x_j)$, $1 \leq i, j \leq n$; és $X_i(H_j) = 0$; $i \neq j$, azaz minden változó egymástól független és egyazon entrópiával rendelkezik. Az ilyen szigorúan triviális eset azonban a továbbiakban kizárt.

Az 5. tételhez elegendő bebizonyítani, hogy az $x_1 x_2 \dots x_r$, $1 \leq r \leq n$, lánc entrópiájának funkciója fedi a lánc tetszőleges permutációja entrópiájának funkcióját. Valóban, ha ez a tétel érvényes, akkor az $x_{i_1} x_{i_2} \dots x_{i_n}$ tetszőleges lánc entrópiája funkciója a KS entrópia funkció által tartat. Ezzel egyidőben az ötödik tétel P_r tetszőleges permutációja, a KS legalább egy permutációjának kezdő szegmentuma. E két következtetésből közvetlenül jön létre az ötödik tétel.

A fentiekben leírt segéd-tétel (S) bizonyítását indukcióval lehet megvalósítani. A KS megformálása alapján kiderül, hogy az S az $r=1$ és

$r = 2$ esetében triviálisan érvényes. Ezért meg kell mutatni, hogy az S az $r = 3$ -ra is érvényes. E bizonyítás a korábban említett függőség tulajdonságai alapján történik. A feltételezés mellett, hogy az S tetszés szerinti r -re vonatkozik, annak bizonyítása, hogy az S az $r + 1$ -re is vonatkozik a függőségi elmélet segítségével, az $r = 3$ bizonyítására szorítkozik. Ebből az indukcióelv alapján az következik, hogy az S érvényes az $r = n$ -re is. Tehát a leírt módon megformált KS egyben OKS is.

A felsorolt tételeknek a felismerés kérdésére történő vonatkoztatása a következőképpen történik.

Legyen az A halmaz a_j ($j = 1, 2, \dots, m$) elemeiről rendelkezésünkre álló attributumainak $\{X_i\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) sora a fentebb említett módon az OKS-be besorolt. Legyen az OKS(r) egy r hosszúságú lánc ($r \leq n$) az OKS elejéből. Továbbá legyen az $L(r)$ tetszőleges lánc, r hosszúsággal (különböző az OKS(r)-tól), a rendelkezésünkre álló attributumok halmazából. Akkor az ötödik tétel alapján a felismerés megbízhatósága érvényes:

$$R[L(r)] = 1 - \frac{H[A/L(r)]}{H(A)} \leq 1 - \frac{H[A/OKS(r)]}{H(A)} = R[OKS(r)].$$

Az egyenlőséggel csupán szigorúan triviális, a gyakorlatban kevés valószínűséggel előforduló esetekben érvényes.

A leírt vonatkozás konzekvenciái a következők:

— A nem egyértelmű felismerés esetében az $R = 1$ felismerési megbízhatóságot soha nem érhetjük el.

— A felismerés legnagyobb megbízhatóságát r attributumok alapján ($r \leq n$) mindig az OKS(r) biztosítja. Bármely más r attributumok (ha csak egy is az OKS(r)-en kívülről választott), a felismerés megbízhatóságának kisebb fokát eredményezi. Más szóval átlagban az n rendelkezésünkre álló attributum bármely r hosszúságú kombinációja közül az OKS(r) az, amely az információ maximális mennyiségét biztosítja a — melyik a_j objektumról van szó — dilemmával szemben.

— Ha az előre adott R , OKS(n) [vagy OKS(r), ahol az r már viszonylag közel áll az n -hez] nem biztosítja az $R[OKS(r)] \geq R$, akkor a felismerés tárgyának új attributumait kell választani.

— Az ismertetett tételek a minél megbízhatóbb felismerést szolgáló attributumok kiválasztásának módszerére utalnak.

— Az említett tételek a felismerés tárgyának halmazához az olyan attributumok mesterséges létrehozására is utalnak, melyek megnehezítik a felismerést stb.

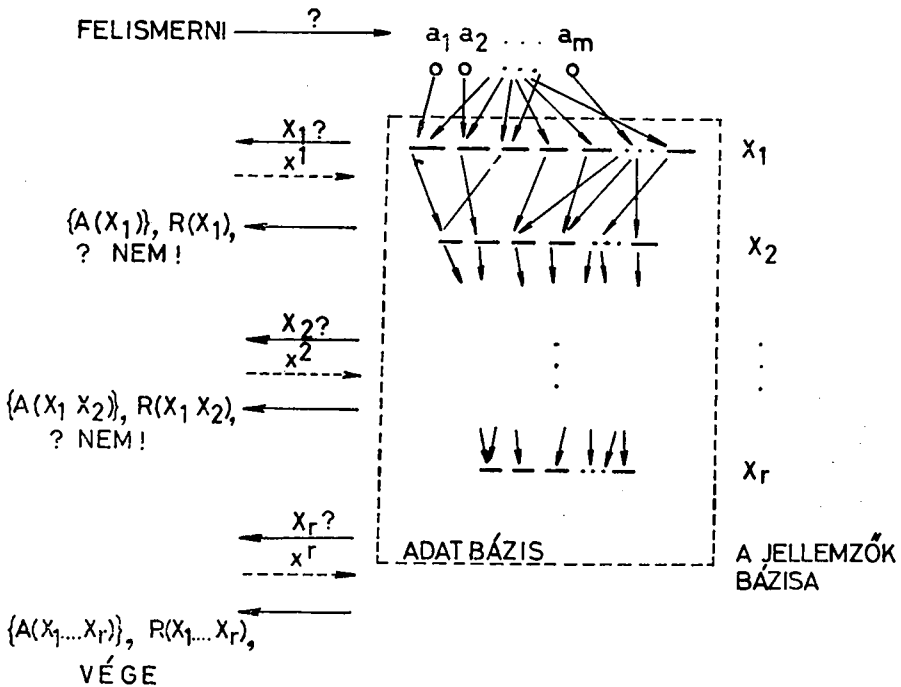
6. AZ ALKALMAZÁS LEHETSÉGES TERÜLETEI

Abban az esetben, ha a felismerési A halmaz elemeiről rendelkezésünkre álló attributumok már az OKS-ben vannak, elvégezhetjük a felismerési

folyamat automatizációját. Az ilyen automatizáció nem egyszerű gyakorlat, de a szakmai informatika számára szokványos feladat.

Legyen az $A = \{a_i\}$, $i = 1, \dots, m$, a felismerési tárgyak adott halmaza. Legyen az $\{X_j\}$, $j = 1, \dots, n$, az a_i felismerési tárgyak rendelkezésünkre álló attribútumainak halmaza. És végül legyen az X_1, X_2, \dots, X_n az OKS. Akkor a felismerés automatizált rendszerének koncepcióját (a mesterséges intelligenciát) bemutathatjuk oly módon, ahogyan az a 2. ábrán történik.

A FELISMERÉS TÁRGYAI



2. ábra

A második ábrán szereplő felismerési rendszer automatizált változata működésének koncepcióját tanulmányozva kétféle felhasználási módra ismerhetünk: kondenzált és párbeszédés módra.

A kondenzált felhasználási mód esetében az ordinátor mindenekelőtt közli a géppel a felismeréssel kapcsolatos kívánságát. Válaszként a gép közli vele követelését, melynek értelmében az X_1, X_2, \dots, X_r attribútumok konkretizációs láncát kéri. Amikor az ordinátor közli a géppel az $x^1 x^2 \dots x^r$ konkretizációláncot, a gép közli az $\{A(X_1 \dots X_r)\}$ legvalószínűbb tárgyak halmazát, valamint a felismerés $R(X_1 \dots X_r)$ megfelelő megbízhatóságát.

Párbeszédés mód esetében az ordinátor közli a géppel a felismeréssel kapcsolatos kívánságát. A gép követeli tőle az X_1 attributum konkretizációját. (Az x^1 betáplálása után a gép közli vele, csupán az X_1 attributum alapján az $\{A(X_1)\}$ legvalószínűbb tárgyak halmazát, valamint az $R(X_1)$ megfelelő megbízhatóságot. Ha az ordinátor nincs megelégedve a megbízhatóságnak ezzel a fokával, ezt közli a géppel, mire a gép követeli az X_2 konkretizációját és így tovább.

A gép az ilyen elképzelés alapján (a kondenzált és fokozatos párbeszéd esetében) már intelligensnek mondható, mert mennyiségben és sebességben az intelligencia terén jóval túlszámolja az átlagos intelligenciájú egyént. Ezért Turing dialóguskísérlete minden bizonnyal pozitív eredménnyel járna a felismerés terén. Tehát ténylegesen mesterséges intelligenciáról van szó.

Néhány észrevétel a 2. ábrán bemutatott lehetséges rendszerkoncepcióval kapcsolatban:

— Magától értetődik, hogy a leírt rendszernek támogatást nyújtó gép egy korszerű DB/DC tulajdonsággal rendelkező számítógéprendszer.

— Ha a dialógus során a gép válasza, tetszőleges $i \leq r$ esetében, $\{A(X_1 \dots X_2)\} = \emptyset$, akkor ez azt jelenti, hogy egy olyan új ismeretlen tárgyról van szó, mely eddig még nem szerepelt az $\{a_i\}$ halmazban. Tehát a rendszert naprakészbe kell hozni

— Ha lehetséges az X_i attributumok x^i értékelvételét is automatizálni kell. Ily módon jelentősen megnő a megbízhatóság, valamint az ilyen mesterséges intelligencia gyorsasága is. Nem kell külön magyarázni az efféle követelmények gyakorlati jelentőségét, különösen olyan esetekben, mint a katonai identifikáció;

— A felismerés folyamatában nem szükséges sorban minden X_i , $i = 1, \dots, r$, konkretizációját betáplálni a gépbe. De akkor a felismerés megbízhatósága kisebb;

— A leírt automatikus felismerésrendszert könnyű összekötni az akciórendszerrel — mi a teendő, ha már ismeretes, hogy az identifikált tárgy éppen az a stb.

Az olvasó könnyen elvégezheti a leírt automatikus felismerés általános modelljének konkretizációját. A képzelet serkentése céljából leírunk néhány ötletet.

1. Legyen a szóban forgó rendszer, mondjuk, egy földrajzilag széles területet felölelő műszaki rendszer (pl. a telefonhálózat). Legyenek az a_i a meghibásodási típusok, melyeknek sajátos attributumai az $\{X_j\}$. Ha egy bizonyos helyen megtörténik a meghibásodás, akkor az ordinátornak (aki lehet laikus is) meg kell állapítania az X_1, \dots, X_r attributumok x^1, \dots, x^r konkretizációját. A konkretizációs láncot a felismerési rendszerhez továbbítjuk, mely megállapítja a meghibásodás legvalószínűbb típusát. Mivel az ilyenfajta diagnosztizálás megbízhatósága optimális, vagy automatikusan vagy a diszpécser segítségével a megfelelő szakembert küldik a megfelelő szerszámokkal a megállapított hiba kijavítására.

2. Legyen az $A = \{a_i\}$ a betegségek halmaza (a tudomány számára

ismert betegségeké, vagy ezeknek valamilyen osztálya, mondjuk, valamilyen korosztályra vagy valamilyen szervre vonatkozóan). Legyenek az X_1, \dots, X_n a beteg attribútumai. Ezek az attribútumok nem azonosak a szimptomákkal, de kölcsönösen és egyértelműen definiálódnak általuk. Tételezzük fel, hogy a leírt módon történik az automatikus felismerés (diagnózis) rendszerének létrehozása. Ha eljön a páciens, a gép közli az ordinátorral, hogy melyik x_i szimptomákat és milyen sorrendbe kell betáplálnia. Végül is a gép javaslatot tesz a diagnózisra, azaz, a konkrét páciens esetében felismeri a legvalószínűbb betegséget, esetleg közli, hogy valamilyen új (számára ismeretlen) betegségről van szó. Ha a képzetnek nagyobb szabadságot adunk, ha felvételezzük, hogy a szimptomákat (az X_i konkretizációit, mint pl. a testsúly, a vérnyomás, a vércukorszint, ...) automatikusan határozzuk meg, akkor már a jövő diagnosztikus központja áll előtünk. Az egészségügyi diagnózisnak ilyen futurologiai víziója azonban nemigen népszerű az egészségügyi dolgozók körében. Ez teljesen érthető, és ezt az elhárító pszichológiai hatást jól ismerjük a magas automatizálás más területeiről. A gyakorló diagnosztika ezzel szembeni ellenvéleményét ma még nagyon is figyelembe kell venni (a közvetlen kapcsolat, intuíció stb. szükségét). Az automatizált egészségügyi diagnosztizálás jövője azonban ugyanaz, mint a mesterséges intelligencia egészének jövője. Hatalmas, megfeszített munkára van szükség, de egyre inkább kibontakozik az utópikus szférákból a valóság, a gyakorlati élet szférájába történő áttérés. Ezért az orvosoknak a közeljövőben számítaniuk kell egy kifejezetten gyors és kellő mértékben intelligens segítőtársra a diagnosztizálás terén. Ebben az értelemben kell elképzelni az egészségügyi diagnosztizálás magas automatizációját.

3. Legyen az $A = \{a_i\}$ a meghatározott katonai körök számára ismert halmaz, pl. az úszó objektumok halmaza (vagy ez objektumoknak bizonyos osztálya, mondjuk, a hajók, csak a tengeralattjárók, vagy csak a torpedók osztálya). Legyenek az X_1, \dots, X_n ezeknek az objektumoknak az ismert attribútumai (hosszúsága, gyorsasága, rezgése, motorhangja, ...). Tegyük fel, hogy az $\{X_i\}$ halmaz az OKS-be besorolt, és hogy a már leírt módon létrejött az automatizált felismerési rendszer. Tegyük fel, hogy ugyanakkor az X_i attribútum, $i = 1, \dots, r$, x_i konkretizációjának meghatározása automatizált, és hogy a felismerési rendszer automatikusan össze van kapcsolva az akció (döntéshozás és végrehajtás) automatizált rendszerével. Ha a katonai érdektérületen megjelenik valamilyen úszó objektum (torpedó), a felismerési rendszer az automatikus detektortól kéri az X_1, \dots, X_r attribútumok konkretizációit és ezek alapján megad egy választ: egy a_0 típusú úszó objektumról (torpedóról), illetve egy ismeretlen objektumról van szó. Az ilyenfajta választ automatikusan továbbítják az akció automatizált rendszeréhez. Az automatizált elektronikus rendszeren belüli folyamat gyorsasága nyilván vetekszik az úszó objektum gyorsaságával, ezt a gyorsaságot viszont még a leggyorsabb emberi intelligencia sem közelíti meg. E példa is ékesen igazolja a mesterséges intelligencia fejlődésének gyakorlati jelentőségét és azokat az

erőfeszítéseket, melyeket a fejlett országok katonasága e cél érdekében megtesz. Végül újra hangsúlyozni kell a katonai identifikáció terén a felismerés elméletének jelentőségét, de hangsúlyozni kell ezt az ellenkező álláspont szempontjából is. Ugyanis az elmélet arra is választ ad, hogyan kell az a_i objektumoknak olyan (mesterséges) attribútumokat adni, amelyek megnehezítik felismerésüket. Ennek taglalása azonban messze meghaladja írásunk kereteit.

Alkalmazásának hasonló példáit már a korábban említett területeken is megtalálhatjuk, mint például az inodalom és a művészet (a névtelenül közölt mű szerzőjének megállapítása) esetében, a robotautomatikában a geodézia, a prognosztika stb. terén.

7. TOVÁBBI KÉRDÉSEK

Végül a következtetések helyett soroljunk fel néhány nyílt kérdést. E kérdések elméleti, gyakorlati és társadalmi jellegűek.

Az elméleti kérdések a további tudományos kérdések hosszú sorára vonatkoznak:

— A függőség elmélete (különösen az összetett függőség tulajdonságainak esetében);

— A klasszifikáció elmélete;

— Az általános felismerés és az osztályonkénti felismerés közötti viszony (szubidentifikáció);

— Mindezek alkalmazása egyes tudományos-műszaki területeken stb.

A gyakorlati jellegű kérdések az automatizált felismerési rendszer általános modelljének elkészítésére vonatkoznak. Ilyenek:

— Az irányított függőség számítása statisztikai minták alapján;

— Az attribútumok optimális konvex sorrendjének automatikus meghatározását szolgáló modell kialakítása;

— Az automatikus felismerés konkrét rendszerének kidolgozása a gyakorlat jelentős tevékenységeinek terén stb.

A felsorolt kérdések terén csekély számú munkatársaival együtt a szerző nagy erőfeszítéseket tesz a továbbfejlődés érdekében. De a kiemelt kérdések súlyuknál fogva jelentősen meghaladják a kutatócsoport erejét. Ezért a felsorolt kérdések a fiatal kutatók számára motivációként is szolgálhatnak, és mindazok számára, akik érdekeltek a mesterséges intelligencia fejlesztése érdekében kifejtett csoportmunkában.

A társadalmi kérdéseknek jelentős fejlesztési és gazdasági aspektusai vannak. Különös jelentőségük van a kicsi és kevésbé fejlett országok esetében. Csak néhány ilyen kérdést sorolunk fel:

— Hogyan szervezni meg az együttműködést (országon belül, és más országokkal) a mesterséges intelligencia terén?

— Érdemes-e jelentős társadalmi (szervezett) figyelmet szentelni annak a technológiának, mely még a jövő kérdése? Az igenlő válasz további kérdéseket vet fel:

— Mikor és hogyan alakítható ki a mesterséges intelligencia fejlesztéséhez szükséges szakembergárda?

— Mikor, hol és hogyan kezdeni a szakemberképzést stb.?

Az utóbbi kérdéseket nagyon nehéz gyorsan megválaszolni. Ugyanakkor stratégiai jelentőségénél fogva a mesterséges intelligencia lényegesen ki fog hatni az ország primátusára. Ezek a divergens tények azonban a kutatói pesszimizmus előidézői is lehetnek. De az is egyértelművé válik, hogy a fejlett országok miért törekszenek elsőbbségre a mesterséges intelligencia fejlesztése terén és hogy miért küzdenek az elsőbbségért, ha a stratégiai technológiáról van szó. És ezen elsőbbséget rendszerint meg is szerzik. A stratégiai technológia fejlesztése mindinkább a fejlett országok privilégiuma. De vajon így kell-e ennek lennie?

Irodalom

1. H. A. Simon: The new science of management decision, Prentice-Hall, New Jersey, 1977.
2. R. Kvašćev: [Mogućnosti i granice razvoja inteligencije. Nolit, Beograd, 1981.
3. K. Miklós, M. Szegedi: Az intelligencia mérése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1972.
4. Opšta enciklopedija, Filozofska enciklopedija és Ekonomska enciklopedija (az intelligencia címszó alatt).
5. Ed. By L. Radanović: Artificial intelligence. Belgrade, 1970 (Lecture notes of the 1970 CAS seminar)
6. Ed. by Kilix, F.: Human and artificial intelligence. North-Holland, Ams. 1982.
7. C. Evans: The Mighty Micro (szerbhorvát fordítás — Kompjuterski izazov. Globus, Zagreb, 1983.)
8. Seres Sándor entrópia és információ témájú tanulmányai.
9. Seres Sándor függőségelméleti és felismerélméleti tanulmányai.

Rezime

Prepoznavanje i veštačka inteligencija

Ljudska inteligencija, koliko je današnjoj nauci poznato, impresivno dominira u živom svetu. Pa ipak, o njoj danas još uvek relativno malo znamo. Naziremo da je u pitanju kvalitativno svojstvo čoveka, koje se manifestuje kroz njegove opšte i specifične intelektualne aktivnosti. Međutim, koliko god je suština inteligencije za sada još mistična, nešto već i danas pouzdano znamo. To su činjenice u vezi ograničenja ljudske inteligencije, kakva su na primer brzina i domet.

Savremena praksa, a posebno budući — visoko automatizovani svet, zahteva znatno veću i brzinu i domet intelektualnih aktivnosti u odnosu na sposobnosti prosečne (pa i vrhunske) ljudske inteligencije. Zbog toga se ulažu veliki

napori u izgradnju takvih mašina, koje će biti sposobne da podražavaju ljudsku inteligenciju, pa čak i da je po brzini i dometu znatno prevaziđu. Razvoj ovakve veštačke inteligencije, zbog svog izuzetnog značaja u tehničko-tehnološkom primatu, već i danas često predstavlja značajnu nacionalnu strategiju. Ali, sasvim je sigurno, predstavljaće udarni pravac razvoja u informatici.

Istovremeno, u pokušajima izgradnje veštačke inteligencije, skoro bez izuzetka se susreće sa jednim univerzalnim problemom, tzv. problemom prepoznavanja. Grubo, ovakav opšti problem može se formulirati na sledeći način: Kojih atributa odabrati i na koji način ih odabrati, a da se u skupu prepoznavanja garantuje maksimalna brzina i pouzdanost prepoznavanja? Ovakav opšti problem prepoznavanja, za sada, nema dovoljno potpuno i naučno rešenje. Istovremeno, takvo rešenje bi omogućilo značajniji napredak u izgradnji veštačke inteligencije.

Ovaj članak je posvećen informativnom prikazu radova autora na rešavanju opšteg problema prepoznavanja. Rezultati tih radova u domenu Teorije zavisnosti, Teorije informacija i Teorije prepoznavanja ukazuju na egzistenciju potpunog i logičnog rešenja tog problema. Konačno, u članku se navodi i niz otvorenih naučno-stručnih problema. Rešenjem ovih specifičnih problema, zajedno sa rešenjem opšteg problema prepoznavanja, otvara se mogućnost značajnijeg napretka u domenu automatizacije procesa prepoznavanja, odnosno, u domenu izgradnje veštačke inteligencije.

Summary

Recognition and the „Artificial Intelligence”

Human intelligence, as it is well known to the scientific world of today — impressively dominates over everything that is alive on earth. Nevertheless, our knowledge of human intelligence is still relatively small. We already perceive that human intelligence is a qualitative feature of man, which is manifest through his/her general and specific intellectual activities. But, as much as the essence of intelligence is so far mystical for us, we already know something for sure. Those are the facts concerning the limiting factors of human intelligence, such as speed and scope — for example.

Contemporary life, and especially the future — highly automatized world demands a much greater speed and scope of intellectual activities in relation to the capability of an average (even an above average) human intelligence. For this reason, great efforts have been done to construct such machines, which would be able to stimulate human intelligence, what's more to exceed its capacity, that is the speed and scope of human intelligence. The development of such „artificial intelligence”, because of its great importance in technico-technological priority, even today, often represents a significant national strategy. But, there is no doubt that artificial intelligence shall be the striking direction in the development of informatics.

At the same time, during the attempts to build/construct artificial intelligence, one meets, almost without exception a universal problem, the so called „problem of recognition identification”. Roughly, such a general problem could be defined in the following way: Which attributes to choose and which way to choose them so to guarantee the maximum speed and reliability of identification

in a set for identification for example. Such a general problem of identification, so far, doesn't have a complete enough nor scientific solution. Sure enough, such a solution would enable a greater progress in the construction of artificial intelligence.

This paper is an informative survey/review of the works done on solving the general problem of identification. The results of the research done in the field of the Theory of Dependence, the Theory of Informations and the Theory of Recognition show that there exists a complete and exact solution of this problem. Finally, some open/unsolved scientific and professional problems have been presented in this paper. By solving these specific problems, with the solution of the general problem of identification a possibility for a more significant development would be granted, especially in the field of the automatization of the recognition process, that is, in the field of the construction of the artificial intelligence.

E. A.