

## РАЗВОЈ МИСЛИ У КРЕТАЊУ ДО МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНОСТИ: ПРЕЛОМНИ ТРЕНУТАК ЗА ВЕШТАЧКУ ИНТЕЛИГЕНЦИЈУ\*

Бојан М. Томић\*\*

Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд

У раду се разматра на који начин је идеја о мултидисциплинарности утицала на развитак и токове истраживања вештачке интелигенције. Прати се њена историја од настанка до појаве кључних застоја који су претили да прекину даљи напредак. Значај вештачке интелигенције за војску огледа се у могућности обављања операција без људских жртава и смањеној употреби енергената. У развоју ове области учествовало је мноштво дисциплина. Једна од одлика вештачке интелигенције је непрекидно ослањање и упоређивање истраживања са сазнањима из неуронаука и знањима у вези са процесима учења. Представљена је идеја Марвина Минског у вези са начином на који људски мозак учи. Фокус рада представља анализа преломног тренутка у развоју вештачке интелигенције. Наглашава се иновативно сазнање које доводи до разрешења проблема. Приступ потиче од Марвина Минског и његове могућности да дубоко разуме развојну и истраживачку кризу у којој је била област вештачке интелигенције.

Кључне речи: *вештачка интелигенција, роботи, мултидисциплинарност, неуронске мреже*

### Пионир на пољу вештачке интелигенције

Разматрањем вештачке интелигенције и потенцијалном војном применом бавио се научник Марвин Мински (Marvin Minsky).

Мински је пионир на пољима роботике и интернет комуникације која даје утисак присуства удаљеног учесника (телеприсуство). Утицао је на развој великог броја области попут вештачке интелигенције, когнитивне психологије, математике, компјутерске лингвистике, теорије Тјурингових машина и оптике. Последњих година претежно ради на прављењу па-

\* Рад је настао у оквиру пројекта „Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерациске перспективе“ (ОИ 179048 – област друштвених наука) који је финансирао Министарство просвете и науке Републике Србије.

\*\* bojantomic@imsi.rs

метних машина са разумним расуђивањем као код људи.<sup>1</sup> Као један од водећих ауторитета на пољу вештачке интелигенције, свестан је не само могућности ове области, него и количине проблема које је потребно савладати.

## Нова гледишта

Мински, рођени Њујорчанин, у младости је стицао вештине из различитих дисциплина, што ће бити видљиво приликом повезивања знања ради конституисања паметних машина. Његов научни ангажман умногоме временски коинцидира са почетком вештачке интелигенције. Након службе у морнарици он изучава математику на Харварду и Принстону, где је 1954. године и докторирао. Коаутор је многих проналазака који су имали велики утицај на развој роботике. Пројектовао је једног од првих робота симулатора неуронске мреже, затим конфокални скенирајући микроскоп, први графички дисплеј који се монтира на главу, механичку руку са тактилним сензорима и развио први Лого „корњачу“. Мински је један од оснивача Лабораторије за информатику и вештачку интелигенцију на Масачусетском универзитету 1959. године, чији је био директор од 1964. до 1973. године. Професор је и на Масачусетском технолошком институту (MIT).

До напретка на пољу вештачке интелигенције довео је његов специфичан начин прилаза тој тематици. Управо тај приступ интересантан је за развој мисли о мултидисциплинарности.

Поента до које је дошао Мински и која представља иновативан закључак је мисао о разумевању које је немогуће постићи без погледа из бар два угла. Примаран извор у концепирању овог рада је његово лично сагледавање историје у којем он експлицитно износи тезу по којој је познат.<sup>2</sup> Његов закључак мења поглед на мултидисциплинарност, као и на науку 20. и 21. века. Век који је за нама управо је пример мењања парадигми интердисциплинарних односа.

Та идеја Марвина Минског, која је у жижи интересовања и разматрања овог рада, изложена је након што су дата објашњења везана за почетке вештачке интелигенције и проблеме који су се појављивали у раном развоју.

## Почеци – кибернетика

Пре стотинак година мултидисциплинарност није могла бити схваћена нити коришћена на одговарајући начин. Открића која су уследила у наредном периоду и формирање тимова који су имали за циљ решавање појединих проблема утицало је на нове концепте сарадње и разумевања истраживачког процеса. Сазнање о дубини мултидисциплинарног прилаза, које је у овом раду презентирано, представља једно савремено откриће и тековину 20. века.

<sup>1</sup> MIT Media Lab, *Marvin Minsky*, <http://web.media.mit.edu/~minsky>.

<sup>2</sup> Minsky, Marvin, *Smart Machines*, in: *The Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*, John Brockman (ed), Simon & Schuster, 1995, <http://www.edge.org/documents/ThirdCulture/d-Contents.html>.

Фокус ће бити на питању „паметних машина“, те њиховог коришћења при војсци. Оно што називамо интелигентним машинама (или појам машинска интелигенција) настаје четрдесетих година прошлог века. На самом почетку у њима су била примењена само достигнућа из области кибернетике, али убрзо су се у њихов развој укључиле бројне дисциплине и области: рачунарске науке, неуропсихологија, рачунарска лингвистика, теорија управљања, когнитивна психологија и вештачка интелигенција, а нешто касније конекционизам, виртуелна реалност, вештачки живот и још неке мање познате (попут интелигентних агената). Сам почетак развоја кибернетике поклапа се са временом Другог светског рата.

Већ тада је мултидисциплинарност била једини могућ пут и једина стварна опција за развијање поља кибернетике. Ово поље формирано је као резултат динамике односа између традиционалне психологије и нове области – контролинжењеринга, а он сам формиран је повезивањем инжењерског приступа и математике која оперише са понашањем динамичких система.

Кибернетика је донела велику иновацију у научној и методолошкој мисли.<sup>3</sup> Једна од многих њених дефиниција гласи: „Кибернетика представља општу теорију управљања, која може да се примени на сваки систем. При томе се под системом подразумева сједињење било којих елемената, који се посматрају као складна целина“.<sup>4</sup> Посебан утицај на опште разумевање, прихватање, као и проширивање круга заинтересованих истраживача имала је књига „оца кибернетике“ Норберта Винера (Norbert Wiener) *Кибернетика*<sup>5</sup> из 1948. године.

## Примери пројекта

Прво представљање интелигентних машина педесетих година двадесетог века у јавности је изазвало својеврсну еуфорију. Иако су то били веома једноставни роботи, очекивало се да ће ускоро моћи да обављају функције као људи. Ипак, седамдесетих година, пошто истраживања нису задовољила очекивања, интересовање је потпуно спласнуло, али су већ осамдесетих формиран нове пројекти са великим очекивањима.<sup>6</sup> Пример за то је пројекат паметног камиона који је покренуо Пентагон. Замишљено је било да камион самостално спасава војнике иза непријатељске линије и враћа их у базу. Проблем је био у томе што је камион био сувише спор, јер је морао да заобилази препреке и сам се сналази на путу. Паметан камион био је амерички одговор<sup>7</sup> на пројекат владе Јапана „Пета

<sup>3</sup> Димитријевић, Предраг, *Правна информатика: теоријски оквири*, [http://www.prafak.ni.ac.rs/files/nast\\_mat/PRAVNA\\_INFORMATIKA.pdf](http://www.prafak.ni.ac.rs/files/nast_mat/PRAVNA_INFORMATIKA.pdf).

<sup>4</sup> Дефиниција потиче од украјинског експерта за кибернетику по имену Александер Јакоб Лернер (Alexander Jakob Lerner).

<sup>5</sup> Wiener, N., *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Paris: Hermann and Co., Cambridge, MA: The Technology Press, and New York, NY: John Wiley and Sons, 1948.

<sup>6</sup> Каку, М., *Физика будућности: како ће наука утицати на људску судбину и наш свакодневни живот у 2100. години*, Лагуна, Београд, 2011, 91–92.

<sup>7</sup> Pollack, Andrew, Pentagon Wanted a Smart Truck; What It Got Was Something Else, *New York Times, Technology*, May 30, 1989, <http://www.nytimes.com/1989/05/30/business/pentagon-wanted-a-smart-truck-what-it-got-was-something-else.html?pagewanted=all&src=pm>.

генерација“ за који се, такође, испоставило да више функционише у фикцији него у стварности. Прави напредак у домену вештачке интелигенције остварен је осамдесетих година, али је због неуспешних пројеката финансирање оваквих истраживања прекинуто. Тек деведесетих година стручњаци су признали да снага рачунара није исто што и људска интелигенција. Победом IBM-овог рачунара „Дубоко плаво“ над шаховским велемајстором Гаријем Каспаровим било је јасно да рачунар може да се специјализује да један задатак решава перфектно. То је навело на помисао да неће бити тешко програмирати га да прецизно извршава више задатака, да учи и да се сналази у новим ситуацијама.

Сматра се да је прву машину која може да учи израдио Марвин Мински као студент педесетих годинама 20. века. Био је то SNARC (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator). Сама изградња SNARC-а везана је за војску. Мински се са идејом за израду овакве машине обратио психологу Џорџу Милеру (George Miller). Када је добио новац од Ваздухопловне канцеларије за научна истраживања (Air Force Office of Scientific Research)<sup>8</sup> Милер је дао налог Минском да изради машину која је базирана на симулацији понашања пацова који тражи пут кроз лавиринт.<sup>9</sup> Машина SNARC могла је да обавља одређене врсте учења, али је било јасно да има различите типове ограничења.

На убрзан развој вештачке интелигенције значајно су утицали рад Ларија Робертса (Larry Roberts) са MIT-а на компјутерском виду и рад Џима Слегла (Jim Slagle) на симболичком рачуну. Војска препознаје потенцијале вештачке интелигенције, те Агенција за напредне истраживачке пројекте Министарства одбране (ARPA – the Defense Department’s Advanced Research Projects Agency) око 1963. почиње финансијски да подржава рад неколико лабораторија које имају пројекте такве оријентације.

Психолог Френк Роузенблат (Frank Rosenblatt) са Универзитета Корнел (Cornell University), који је проучавао вештачке неуронске мреже, био је конструктор још једног од првих неурорачунара под називом MARK I. Око њега се, такође, окупља група истраживача.

Упркос заустављању финансирања, вештачка интелигенција бележи перманентан напредак.

## Потешкоће у решавању проблема

Током раног развоја уочено је да рачунарски програми који би требало да симулирају експертско решавање проблема могу да обављају само једну појединачну, специјализовану радњу. Ниједан није показао оно што бисмо могли окарактерисати као општа интелигенција или здрав разум.

Практично решење требало је тражити преко спајања различитих програма у целину. Иако је било јасно да се прави напредак може постићи искључиво интегрисањем, нико није изашао са конкретном идејом како то урадити.

Препрека је била, као што је и данас, да се нађу два програма вештачке интелигенције који „сарађују“. Да би се то превазишло и дошло до решења потребно је

<sup>8</sup> Wright-Patterson Air Force Base, AF Office of Scientific Research, <http://www.wpafb.af.mil/afri/afosr/>

<sup>9</sup> History of cybernetic animals and early robots, <http://cyberneticzoo.com/?tag=marvin-minsky>.

инкорпорирати различите приступе, различите начине разумевања ове потешкоће, и предложити различите идеје о томе како је превазићи. Развитак поља вештачке интелигенције (али не само ње) без мултиприступа био би могућ само у измишљеном свету исконструисаном на нереалним основама.

## Концепти учења

Решавање питања потребе коришћења различитих приступа уско је повезано са процесима усвајања и коришћења знања у мозгу. Претпоставка Минског је да у мозгу постоји неколико механизма<sup>10</sup> учења, од којих неки акумулирају негативно знање које нас задржава да не радимо ствари које смо научили да избегавамо. Он износи предлоге како ти механизми учења изгледају.

Одређени механизми сакупљају знање о томе када треба применити одређени метод. Други делови конструишу супресоре или цензоре задужене да пружају отпор коришћењу сваког метода. Остали механизми уче како пронаћи решење када су методе супротстављене.

Идеја овог типа супротна је од идеје Данијела Денета (Daniel Dennett) о такозваном Картезијанском театру и постојању *сингелселфа* (једног, појединачног сопства). Управо могућност мултиформације и мултитаскинга у мозгу, када се искусе конфликт, конфузија, помешана осећања, задовољство и бол, представља преиспитивање *сингелселфа*. Иако се употребљавају преоштре и преамбициозне речи као крај појединачног сопства, јасно је да се и на нивоу можданих радњи разматра идеја мултидисциплинарности.<sup>11</sup> И ту су уочљива непрекидна поређења између неуро-наука и вештачке интелигенције.

Идеја која је уткана у вештачку интелигенцију јесте да се изради машина која почива на принципу неуронских мрежа и која ће сама *научити* да решава проблеме, баш као што је случај са људским мозгом.

## Формула за успех

У самом процесу истраживања вештачке интелигенције Мински је дошао до круцијалног сазнања, које се чинило неочекивано. Оно само је подједнако важно за разматрање које третира мултидисциплинарна истраживања и истраживања при војсци. Наиме, после неколико различитих приступа проблему прављења вештачке интелигенције и имплементираних метода, покушавајући да одреди који је метод најбољи, Мински је коначно схватио: *нема најбољег начина*.

Сваки појединачни метод поседује предности за одређене ситуације. Да би се израдила паметна машина, заправо је потребно уклопити више различитих начина

---

<sup>10</sup> Мински је искористио појам *механизам*, али он није одговарајући. Аналогија са механизмима може помоћи при објашњавању, али у конкретном случају, заправо, није реч о механизму.

<sup>11</sup> Разлоге за изнете претпоставке треба тражити у покушајима смештања ових проблема помешаних са личним концептима (ставовима) у религијске контроверзе.

на које би она могла да размишља (мисли), као што у мозгу постоје стотине различитих врста неуронских мрежа. То доводи до централне идеје Минског да се „ништа не може разумети уколико се не разуме на неколико различитих начина“. Штавише, он у наставку појачава ову тезу, тврдећи да је „трагање за једном истином – потпуним, најбољим начином да се представи (репрезентује) знање – изопачено размишљање“.

Разлог зашто је први приступ неприкладан, неодговарајући и неплодотворан јесте што уколико се нешто разуме само на један начин, а околности се мало промене тако да се више не може применити једини познат начин, више неће моћи да се дејствује – нема никакве перспективе. Уколико, пак, постоји више начина да се ствар представи, веома је мала могућност да ће се параметри баш у сваком од могућих случајева пореметити, те да ће се доћи до безизлаза.

Потребно је изградити, а затим и уклопити више различитих типова неуронских мрежа да би машина заиста могла да учи. Различити типови неуронских мрежа погодни су за различите процесе, попут памћења догађаја, представљања геометријских структура, каузалне интеракције, затим за прављење низа разумних корака, семантичке релације језичких израза, за врсте дводимензионалних представа које су потребне за виђење и тако даље.

## Закључак

Напредак вештачке интелигенције захтевао је иновативан приступ у размишљању. Откриће мултидисциплинарног приступа покренуло је неколико нових области истраживања која доприносе развоју овог широко применљивог поља. У исто време остварена је могућност за дубље разумевање саме идеје мултидисциплинарности. Једна од одлика вештачке интелигенције је непрекидно ослањање и упоређивање истраживања са сазнањима из неуронаука и знањима у вези са процесима учења.

Примена вештачке интелигенције у војне сврхе је вишеструка. Основна функција је смањење броја жртава, затим већа прецизност, могућност доношења брзих одлука на основу количине информација које човек не би могао да обради у одговарајућем року, те употреба симулатора за вежбање. Хардвер са вештачком интелигенцијом већ се користи у систему крстарећих пројектила, у беспилотним летелицама, у роботима на даљинско управљање који служе за уклањање или постављање друмских бомби.

## Литература

1. AI Topics, *Applications of AI and Expert Systems to Military Problems*, <http://aitopics.org/topic/military>, посећено 25. 1. 2013.
2. Alexander, David, U. S. military embraces robots with greater autonomy, *Chicago Tribune*, May 09, 2012, [http://articles.chicagotribune.com/2012-05-09/news/sns-rt-us-usa-defense-robotsbre84805n-20120508\\_1\\_robots-15-ton-military-truck-autonomy](http://articles.chicagotribune.com/2012-05-09/news/sns-rt-us-usa-defense-robotsbre84805n-20120508_1_robots-15-ton-military-truck-autonomy), посећено 25. 1. 2013.
3. MIT Media Lab, *Marvin Minsky*, <http://web.media.mit.edu/~minsky>, посећено 25. 1. 2013.

4. Minsky, Marvin, *Smart Machines*, in: *The Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*, John Brockman (ed), Simon & Schuster, 1995,  
<http://www.edge.org/documents/ThirdCulture/d-Contents.html>, посећено 25. 1. 2013.

5. Димитријевић, Предраг, *Правна информатика: теоријски оквири*,  
[http://www.prafak.ni.ac.rs/files/nast\\_mat/PRAVNA\\_INFOMATIKA.pdf](http://www.prafak.ni.ac.rs/files/nast_mat/PRAVNA_INFOMATIKA.pdf), посећено 25. 1. 2013.

6. Wiener, N., *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Paris: Hermann and Co., Cambridge, MA: The Technology Press, and New York, NY: John Wiley and Sons, 1948.

7. Каку, М., *Физика будућности: како ће наука утицати на људску судбину и наш свакодневни живот у 2100. години*, Лагуна, Београд, 2011.

8. Pollack, Andrew, Pentagon Wanted a Smart Truck; What It Got Was Something Else, *New York Times, Technology*, May 30, 1989,  
<http://www.nytimes.com/1989/05/30/business/pentagon-wanted-a-smart-truck-what-it-got-was-something-else.html?pagewanted=all&src=pm>, посећено 25. 1. 2013.

9. Wright-Patterson Air Force Base, AF Office of Scientific Research,  
<http://www.wpafb.af.mil/afrl/afosr/>, посећено 25. 1. 2013.

10. History of cybernetic animals and early robots,  
<http://cyberneticzoo.com/?tag=marvin-minsky>, посећено 25. 1. 2013.