DOI:**10.33099/2311-7249/2022-43-1-105-114**

УДК 519.6

Юрій Васильович Кравченко *(доктор технічних наук, професор)*
Євгеній Петрович Махно
Максим Георгійович Тищенко *(кандидат технічних наук, старший дослідник)*
Олександр Олександрович Шапран

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна

МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ ПРОХОДЖЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ

У цій роботі висвітлено один із сучасних напрямків дослідження в області штучного інтелекту, як науки з розроблення інтелектуалізованих автоматичних систем. Визначено роль інтелектуалізації адміністрування систем дистанційного навчання в освітньому процесі освітніх навчальних закладів. Ця стаття дає можливість зрозуміти масштаби і перспективи розвитку даного напрямку, штучного інтелекту з його властивостями адаптації, безперервного трансформування у відповідь на виклики сьогодення та намічені перспективи, підходи до його вивчення та забезпечення функціонування. Наразі перспективними напрямками в умовах сьогодення є інтелектуалізація елементів адміністрування та автоматизація ряду навчальних компонентів у системах дистанційного навчання. Інтелектуалізація адміністрування в освітньому процесі дасть можливість автоматизувати рутинні, типові завдання, які потребують людських ресурсів і багато часу на їх виконання. Одним з них є розроблення оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу в системі дистанційного навчання. І саме, модель такої інтелектуалізованої оптимальної траєкторії для проходження дистанційного курсу представлено в цій статті. Проаналізовано існуючі підходи, методи рішення задач цього класу, а також алгоритми нечіткого виводу. Представлено структуру моделі підбору завдань оптимальної траєкторії курсу. Звичайно ж у сфері освіти, а тим більше, освіти військового напрямку штучний інтелект лише починає набирати оберти та займати своє гідне місце, руйнуючи застарілі норми, принципи та стереотипи. Але вектор розвитку вже визначений.

Ключові слова: *штучний інтелект; інтелектуалізація; автоматизація; система дистанційного навчання.*

Вступ

На теперішній час, дистанційне навчання впевнено зайняло своє місце в системах освіти багатьох країн світу як повноцінна форма навчання. Існують вагомі фактори, які можна вважати причинами такого розвитку:

інформаційно-комунікаційні технології набули дуже швидких темпів розвитку;

у зв'язку з невпинним прогресом знання, уміння і навички потребують постійного оновлення та удосконалення;

особи, що беруть участь у навчальному процесі тепер мають можливість взаємодіяти інтерактивно;

з'явилася можливість скоротити фінансові витрати та скоротити часові показники;

глобальна інформатизація змушує підтримувати на високому рівні конкурентоспроможність виходячи з вимог ринку праці.

В вищих навчальних закладах різних країн за допомогою технологій дистанційного навчання успішно та повноцінно викладаються не лише окремі заняття, а й цілі модулі, дисципліни та курси. Дистанційна освіта – це, в переважній більшості, реалізація класичного нині підходу з проведенням вступного контролю знань або вступних випробувань. З'являється можливість викладати навчальний матеріал на основі інтерактивних технологій. Ці технології забезпечують здобуття повноцінної вищої освіти дистанційно. Широкої популярності з використанням інтерактивних технологій набули курси підвищення кваліфікації.

Після успішного подолання певного, мінімально необхідного рівня знань слухачі (студенти, курсанти, ад'юнкти) набувають права на подальше навчання. Зараховуються до навчального закладу чи на курс, де навчаються визначений період часу. Але, як показує практика, вступний рівень знань і технічної обізнаності у слухачів різний. Існує необхідність врахування цього рівня для побудови відповідної оптимальної траєкторії навчання.

Як відомо, у широкому спектрі переваг дистанційного навчання мають місце гнучкість та мобільність. Вони, в свою чергу, забезпечують та підвищують індивідуальність у навчальному процесі, щодо часу, комфортних умов навчання, обраних темпів та обсягів матеріалу, що опановується.

Виходячи з цього повстають питання: "Маючи такі переваги і базуючись на індивідуальному

© Ю.В.Кравченко, Є.П.Махно, М.Г.Тищенко, О.О.Шапран

освітньому рівні та рівні технічної підготовленості чи обов'язково кожен слухач має чекати визначеного терміну закінчення навчання, або навпаки намагатися в нього вкластися? А також чи обов'язково при наявності практично безмежної кількості, в Світових масштабах, навчального матеріалу обмежувати всіх слухачів стандартними об'ємами курсу? "

Бачимо, що зазначені питання, насправді, вирішені не в повному обсязі, а їх вирішення може забезпечити впровадження технологій інтелектуалізації в освітній процес.

Постановка проблеми. Інформаційні технології дали можливість вивести дистанційне навчання на принципово новий рівень. Окремої уваги заслуговують саме системи управління навчанням (освітнім) процесом (LMS, від англійського – Learning Management Systems).

За допомогою сучасних систем управління навчанням можна планувати, організовувати та підтримувати освітній процес з "нульового" (початкового, підготовчого) рівня і в подальшому відслідковувати поточну успішність слухачів аж до складання випускних заліків та іспитів.

Наразі, навчаючись за допомогою сучасних систем ми маємо зручний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, широкий спектр функціональних можливостей та гнучкість у виборі часу, місця і порційності навчального матеріалу. Це дійсно принципово новий рівень.

Але, не зважаючи на стрімкий розвиток систем управління навчанням, велика кількість їх складових чекають на своє вдосконалення. Найперший з основних напрямків, який заслуговує особливої уваги, це процес адміністрування. Він включає важливий ряд завдань серед яких планування, організація, підтримка (забезпечення) освітнього процесу, а також управління та контроль. І саме інтелектуалізація цих процесів забезпечить підняття дистанційного навчання на якісно новий рівень. Без сумніву це дозволить автоматизувати роботу, яка до цього часу вважалася рутинною, зробити її ефективнішою та в рази підвищити оперативність. А користувачам, в свою чергу, додати зручностей у навчанні. Перспективним завданням є інтелектуалізація оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу.

Під оптимальною траєкторією розуміється оригінальна послідовність конкретних тренувальних самостійних завдань, характерних для кожного слухача. Ці завдання є складовими для практичної частини курсу. Їх складність та кількість для кожного слухача залежить від швидкості та якості виконання ним поточних базових завдань курсу, а також індивідуального рівня цифрової кометентності. Це дасть можливість додати гнучкості і адаптивності в освітній процес, глибше опанувати навчальний матеріал та підвищити рівень особистих компетентностей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З появою можливості пришвидшення обміну інформацією між користувачами, активізувалися спроби автоматизувати та інтелектуалізувати дистанційні освітні процеси. Крім того до дії спонукали пов'язані з цим можливості використання програм для проведення конференцій, брифінгів та створення платформ для забезпечення освітнього процесу. Популяризації серед користувачів додали нові можливості використання систем дистанційного навчання через мобільний зв'язок. Досить просто зручно та комфортно.

У ході досліджень було проаналізовано склад інформаційного забезпечення інформаційно-освітнього середовища, що є необхідним для дистанційного навчання в Збройних Силах України, а також етапи, щодо впровадження системи дистанційного навчання (СДН) в освітній процес [1].

У роботі [2] сам процес інтелектуалізації управління освітньою системою, а також керівництво освітніми і науковими органами України в умовах сучасного загального розвитку представлено як пріоритетну роботу, направлену на усунення більшої частини існуючих проблем, що зараз мають місце в цій системі. Автори, на основі досліджень структури системи, а також мережевих зв'язків, що існують між елементами, обґрунтували необхідність трансформації існуючої системи освіти і науки з обов'язковою інтелектуалізацією існуючої системи управління. Намічено умови функціонування інтелектуалізаційних процесів управління освітньою системою. З цією ж метою було запропоновано використати концепцію інтелектокористування. Вже відомі управлінські технології інтеграції автоматизованих процесів, а також алгоритми, що активізують інтелектуальні людські здібності шляхом мотивації. Значні позитивні результати в закладах освіти було отримано при апробації таких інструментів інтелектуалізованого менеджменту як синтелектика, синергізація і синархія.

У [3] проведено ґрунтовну роботу щодо автоматизації навчання з питань управління освітнім процесом та поточно-модульного контролю знань за допомогою інформаційних технологій.

Розроблено трирівневу математичну модель інформаційного середовища вищих закладів освіти (ВЗО). Його структуру визначають два компоненти:

1. Інформаційне середовище системи управління навчанням; 2. Інформаційне середовище системи управління ВЗО.

Обґрунтовані основні визначення інформаційного середовища та виділено складові елементи системи управління навчанням. В ній виділено три рівні представлення інформації: 1. Інформаційні середовища системи управління освітнім процесом; 2. Процеси; 3. Суб'єкти навчання. Для оптимальності взаємодії у інформаційному просторі, що має три рівні управління освітнім процесом створено

математичну модель. З метою виділення освітніх об'єктів у системі управління та автоматизації наповнення їх поточною освітньою інформацією в процесі навчання розроблено новий метод. Для автоматизованого контролю знань, супроводу навчального процесу та зберігання інформаційного ресурсу представлено нову структуру.

З метою створення автоматизованої системи управління освітнім процесом розроблено нову інформаційну технологію [4]. Для організації наявних освітніх інформаційних засобів, в основі яких лежать логіко-математичні моделі, розроблено нові методи. Вони збільшують ефективність, коли освітній процес є циклічним.

Вони, в свою чергу, дають змогу розв'язувати задачі оцінювання системи освіти та зробити в закладах освіти управління освітнім процесом автоматизованим. Розроблено нові аналітичні методи для автоматичного аналізу освітнього процесу. Вони обґрунтовані логічними та математичними процедурами, що мають місце в інформаційних технологіях, які в свою чергу застосовують для синтезу систем автоматизованого управління освітнім процесом. З їх допомогою стає можливим оцінювання якості надання освітніх послуг не лише в періоди екзаменаційних сесій, а й протягом функціонування цього процесу на визначених етапах. Уперше обґрунтовано методи, що здатні аналізувати події, які виникають у процесі навчання та які не можна вирахувати на перед. Вони основані на ланцюгах скінченних графів і дерев рішень та виступають базою в процесі вибору стратегій подібних процесів. Для підвищення ефективності управління освітнім процесом запропоновано новий метод організації взаємодії користувачів в межах локальної інформаційної мережі автоматизованої системи управління освітнім процесом. На основі розроблення інтелектуальних тестів, а також логічних класифікаторів знань створено нові методи контролю процесу навчання. Вони дають змогу формувати та реалізувати управляючі дії, щодо складових освітнього процесу з метою забезпечення заданого алгоритму функціонування.

У [5] висвітлені можливості дистанційного навчання, що стали критично важливими у підтримці боєготовності Збройних Сил України. Розглянуті цифрові освітні середовища, які забезпечують доступ до освіти та підготовки у будь-якому місці та за будь-якого часу, а також дають змогу швидко адаптуватися до нових викликів та вимог. Існує широкий спектр компетентностей, що вимагаються від військовослужбовців у сучасному непередбачуваному середовищі, зокрема цифрова грамотність та грамотність у галузі даних. Ключові аспекти військової освіти – широке застосування сучасних освітніх технологій, впровадження прогресивних форм та методів навчання.

Мета статті. Виходячи з урахування сучасних потреб і вимог сьогодення щодо інтелектуалізації дистанційного навчання метою статті є опис варіантів, щодо реалізації інтелектуалізації в системі дистанційного навчання. Аналіз існуючих джерел щодо ґрунтовності досліджень обраного напрямку. Створення моделі інтелектуалізації оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу у системі дистанційного навчання.

Виклад основного матеріалу дослідження

Актуальним завданням, що заслуговує уваги і могло б додати в освітній процес більшої гнучкості та адаптивності є розроблення моделі інтелектуалізації оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу у системі дистанційного навчання.

Для прикладу, якщо слухач, маючи попередній досвід за певним напрямком, опановує навчальний матеріал курсу і виконує практичні завдання швидше запланованого розкладу занять, то доцільним було б забезпечити для нього альтернативне проходження курсу відповідно до його спроможностей. Це, в свою чергу, заощадить йому час та спрямує його траєкторію на більш поглиблене вивчення навчального матеріалу. Або навпаки при необхідності виділити більшу кількість часу для якісного опанування навчального матеріалу та забезпечити можливість навчання з дещо меншою інтенсивністю.

В залежності від вступного рівня знань слухача, темпів і якості виконання ним навчальних завдань, а також опанування навчального матеріалу таких оптимальних траєкторій може бути декілька, індивідуально для кожного слухача. Це, в подальшому, дає можливість більш поглиблено опанувати певний навчальний матеріал та набути більш високих компетентностей.

Досягнувши цієї мети ми зможемо уникнути таких наслідків як нереалізований у повному обсязі потенціал слухача. Або ж навпаки коли слухач, не встигає засвоїти курс із стандартною навчальною траєкторією з ряду суб'єктивних причин.

Існує широкий спектр класичних методів для вирішення завдань саме цього класу.

Серед них класичні оптимізаційні задачі де знаходиться рішення при якому певна цільова функція може досягати свого максимуму при заданих обмеженнях.

Одним з підходів вирішення даного класу задач є "Загальний (універсальний) вирішувач задач". Предметні області обираються довільні. Їх рішення ґрунтується на певних принципах. Сам підхід базується на розборі ситуацій, які мають місце при вирішенні задач та операторів, що можуть ці ситуації змінити. Ця методика працює завдяки аналізу цілей та наявності засобів, які забезпечують досягнення цих цілей. Аналіз цілей має місце на основі аналізу розбіжностей між двома ситуаціями поточною та бажаною.

В нашому випадку для вирішення оптимізаційної задачі можна застосувати достатньо універсальний метод коли множина припустимих

рішень обмежена. Це метод повного перебору. Для вирішення задачі за допомогою цього метода необхідно перебрати всі можливі варіанти рішень. Якщо множина варіантів скінчена то рішення задачі гарантоване. Але для більшості реальних ситуацій кількість варіантів, які доводиться перебирати, занадто велика. Реалізувати метод за короткий, прийнятний час практично неможливо.

Ще один з відомих методів рішення оптимізаційної задачі – "Евристичний пошук". Ця процедура передбачає систематизований покроковий перебір, де рішення приймаються послідовно.

Стандартний алгоритм евристичного пошуку:

1. З області можливих дій, що існують вибрати певну дію.

2. Далі здійснити дію. Це здійснення забезпечить зміни попередньої ситуації.

3. Провести оцінювання нової ситуації.

4. Якщо успіх досягнутий – кінець; якщо результат не задовольняє (не є очікуваним) – повторити спробу з початку обравши іншу дію. (повернутися на перший крок).

Досить цікавим є клас рішень, що має назву "Жадібні алгоритми". Алгоритм називається жадібним, якщо на кожному кроці вирішення певної задачі він намагається максимально наблизитися до необхідного результату. Їх застосування, як правило, дозволяє уникнути зростання складності задачі. Це алгоритм, який заради негайного наближення до мети жертвує можливими перспективними перевагами тобто оптимальним рішенням. Найкоротший шлях до рішення задачі забезпечується обмежуючими правилами, що використовуються як засіб для скорочення перебору. Повний перебір або, як його ще іменують, перебір з поверненням інколи дозволяє прийняти певні оптимальні рішення. Але, як і в попередньому прикладі, його реалізація забирає занадто багато часу і тому позиціонується як нераціональна або недоцільна. Застосування обмежуючих правил дозволяє включати до перебору не всі можливі варіанти або дії, а лише ті, які не суперечать цим правилам. Саме таким чином приймає рішення людина у більшості випадків при плануванні своїх дій.

Ще одним методом вирішення цього класу задач є теорія нечітких множин. Вона дозволяє описати якісні, неточні поняття і наші знання про навколишній світ. А також оперувати цими знаннями з метою отримання нової інформації. Основані на цій теорії методи побудови інформаційних моделей суттєво розширюють традиційні області застосування комп'ютерів і створюють самостійний напрямок науково-прикладних досліджень, який отримав спеціальну назву – нечітке моделювання. Зазначений метод є найбільш придатним для вирішення нашого завдання.

Вирішення завдання цим методом є можливим за допомогою певних алгоритмів. Серед найвідоміших: алгоритм нечіткого виводу Мамдані; алгоритм нечіткого виводу Ларсена; алгоритм нечіткого виводу Сугено – Такагі; алгоритм нечіткого виводу Цукамото.

Алгоритм Мамдані оснований на нечіткому логічному виводі, який дає можливість уникати занадто великих об'ємів обчислень. Тому гідно оцінений фахівцями. Цей алгоритм наразі отримав велике практичне застосування в задачах нечіткого моделювання. Є примітним тим, що працює за принципом "чорного ящика". На вході і на виході можемо мати, як кількісні, так і якісні значення. На проміжних етапах використовується апарат нечіткої логіки, а також теорія нечітких множин.

Алгоритм Ларсена застосовують у тих же випадках, що і алгоритм Мамдані. В деяких випадках він виявляється навіть точнішим (при немонотонних вхідних нечітких множинах), але потребує більше операцій множення.

Алгоритм Сугено – Такагі застосовується, коли відома не форма функції відповідності вихідного параметра, а вагові коефіцієнти, через які вхідні параметри роблять свій внесок. На відміну від алгоритма Мамдані, не використовуються правила, що містять диз'юнкцію в лівих частинах імплікацій.

Алгоритм Цукамото зазвичай застосовують лише для монотонних функцій відповідності вихідного параметру. Тому цей алгоритм не є універсальним, але відносно простий. До того ж він поступається за точністю алгоритму Мамдані.

Робимо висновок, що переваги в застосуванні для вирішення нашої задачі, визначення оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу є у алгоритма Мамдані, який і буде застосовано.

Рішення завдання по виконанню нечіткого виводу за допомогою алгоритму Мамдані проходить у п'ять етапів.

На першому етапі формується база правил. Щодо нашого завдання формуємо базу з трьома входами і одним виходом, яка складається з трьох правил:

$П_1$: ЯКЩО $x_1 Є A_{11}$ І $x_2 Є A_{12}$ І $x_3 Є A_{13}$, ТО у $Є N_1$,

$П_2$: ЯКЩО $x_1 Є A_{21}$ І $x_2 Є A_{22}$ І $x_3 Є A_{23}$, ТО у $Є N_2$,

$П_3$: ЯКЩО $x_1 Є A_{31}$ І $x_2 Є A_{32}$ І $x_3 Є A_{33}$, ТО у $Є N_3$.

де x_1, x_2, x_3 – параметри об'єкту дослідження (об'єкту управління). Ці параметри можуть мати як числове значення так і лінгвістичну чи якісну оцінку, яка може підсилюватися чи послаблюватися модифікаторами (дуже, майже);

А – термінальні значення.

На цьому ж етапі визначаються ступені істинності (спрацювання) кожної передумови кожного правила для заданих значень вхідних змінних $\mu_{A_{ijk}}(x_k^{'}), (i,j,k = 1,2,3)$. У випадку, якщо вхідні змінні (x_i) є чіткими або нечіткими одноточковими множинами, цей етап називають етапом введення нечіткості (фазифікацією).

На другому етапі здійснюється агрегування ступенів істинності передумов по кожному з

правил (α_i). До прикладу:

$$\alpha_1 = \min\{\mu_{A_{11}}(x_1'), \mu_{A_{12}}(x_2'), \mu_{A_{13}}(x_3')\},$$

$$\alpha_2 = \min\{\mu_{A_{21}}(x_1'), \mu_{A_{22}}(x_2'), \mu_{A_{23}}(x_3')\},$$

$$\alpha_3 = \min\{\mu_{A_{31}}(x_1'), \mu_{A_{32}}(x_2'), \mu_{A_{33}}(x_3')\}.$$

Декартовий добуток нечітких множників задано виразом:

$$\mu_{A_{i1}'A_{i2}'A_{i3}'}(x_1, x_2, x_3) = \min\{\mu_{A_{i1}'}(x_1), \mu_{A_{i2}'}(x_2), \mu_{A_{i3}'}(x_3)\}.$$

На третьому етапі здійснюється активізація (визначення ступенів істинності) результатів по кожному з правил на основі операції min-кон'юнкції:

$$\mu_{N_1'}(y) = \min\{\alpha_1, \mu_{N_1}(y)\},$$

$$\mu_{N_2'}(y) = \min\{\alpha_1, \mu_{N_2}(y)\},$$

$$\mu_{N_3'}(y) = \min\{\alpha_1, \mu_{N_3}(y)\}.$$

Четвертим етапом є акумулювання отриманих на минулому етапі результатів (активізованих результатів) по всім правилам. Здійснюється об'єднання знайдених усічених нечітких множин із застосуванням операції максимум (max-диз'юнкції). Як підсумок етапу відбувається формування нечіткої множини для вихідної змінної з функцією належності.

$$\mu_{N'}(y) = \max\{\mu_{N_1'}(y), \mu_{N_2'}(y), \mu_{N_3'}(y)\}.$$

На заключному п'ятому етапі відбувається приведення до чіткості (дефазифікація). Це здійснюється, якщо необхідно привести отриману нечітку множину до чіткого виду. В алгоритмі нечіткого виводу Мамдані використовується переважно центроїдний метод дефазифікації, при якому чітке значення вихідної змінної y' визначається як "центр тяжіння" (center of gravity) для $\mu_{N'}(y)$:

$$y' = \frac{\int_{Y_{min}}^{Y_{max}} y\mu_{N'}(y)dy}{\int_{Y_{min}}^{Y_{max}} \mu_{N'}(y)dy},$$

де Y_{min}, Y_{max} – межі інтервалу носія нечіткої множини вихідної змінної y.

Для дискретного варіанту:

$$y' = \frac{\sum_{r=1}^{Y_{max}} y_r\mu_{N'}(y_r)}{\sum_{r=1}^{Y_{max}} \mu_{N'}(y_r)},$$

де Y_{max} – число елементів y' в дискретизованій для обчислення "центру тяжіння" області Y.

Повертаючись до мети статті необхідно визначити фактори, які впливають на оптимальну траєкторію проходження дистанційного курсу. В нашому випадку ключовим є рівень набутих компетентностей в результаті проходження курсу, якого досягає слухач (студент, курсант, ад'юнкт) виходячи з його індивідуальних особливостей. Тобто, система повинна визначати оптимальний об'єм і рівень складності навчального матеріалу індивідуально кожному слухачу в залежності від його попереднього досвіду, освіти та динаміки навчання. Для цього система повинна проаналізувати рівень цифрової компетентності слухача, а також швидкість та якість опанування програми курсу в процесі його проходження.

Цифрова компетентність – це впевнене, критичне і відповідальне використання та взаємодія з цифровими технологіями для навчання, професійної діяльності (роботи) та участі у житті суспільства [6].

Під швидкістю розуміємо темпи опанування навчальної програми.

В свою чергу якість розглядаємо як рівень виконання навчальних завдань та отримання оцінок відповідно до оцінювальної системи.

У подальшому, на основі постійного поточного аналізу, система вносить корективи вибудовуючи унікальну оптимальну траєкторію для кожного слухача.

Таким чином досягається оптимальна гнучкість і індивідуальна адаптивність освітнього процесу в межах навчального курсу.

Переходимо до створення відповідної математичної формалізації задачі.

Нехай:

x_1 – індивідуальні цифрові компетентності.

x_2 – швидкість виконання завдання.

x_3 – якість виконання завдання.

N – навчальне навантаження на основі індивідуального прогресу (оптимальний об'єм та рівень складності навчального матеріалу на основі індивідуального прогресу кожного слухача).

S – оптимальна траєкторія проходження дистанційного курсу (загальний час, прогрес, статистика по виконанню навчальних завдань для самостійної роботи).

$$N = f(x_1, x_2, x_3);$$

$$S = \{N_1, N_2, ...N_n\}.$$

Задаємо термінальні значення.

За терміновістю сортуємо виконання задач на три типи:

Повільно, помірно, швидко.

За якістю на три види:

Низька, середня, висока.

Індивідуальні цифрові компетентності класифікуємо за рівнями:

Базовий, середній, високий.

Навчальне навантаження на основі індивідуального прогресу:

Низьке – N_H, помірне – $N_П$, високе – N_B.

Розробляємо цільову функцію, а також вводимо певні обмеження для оптимізаційної задачі.

C_1 – обмеження по максимально можливому навчальному навантаженню.

C_2 – обмеження по мінімально можливому навчальному навантаженню.

$$N = f(x_1, x_2, x_3) = x_1 - \frac{x_3}{x_2},$$

де $x_1 - \frac{x_3}{x_2}$ – коефіцієнт, який характеризує підвищення навчального навантаження. Схематично структура моделі оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу зображена на рисунку 1.

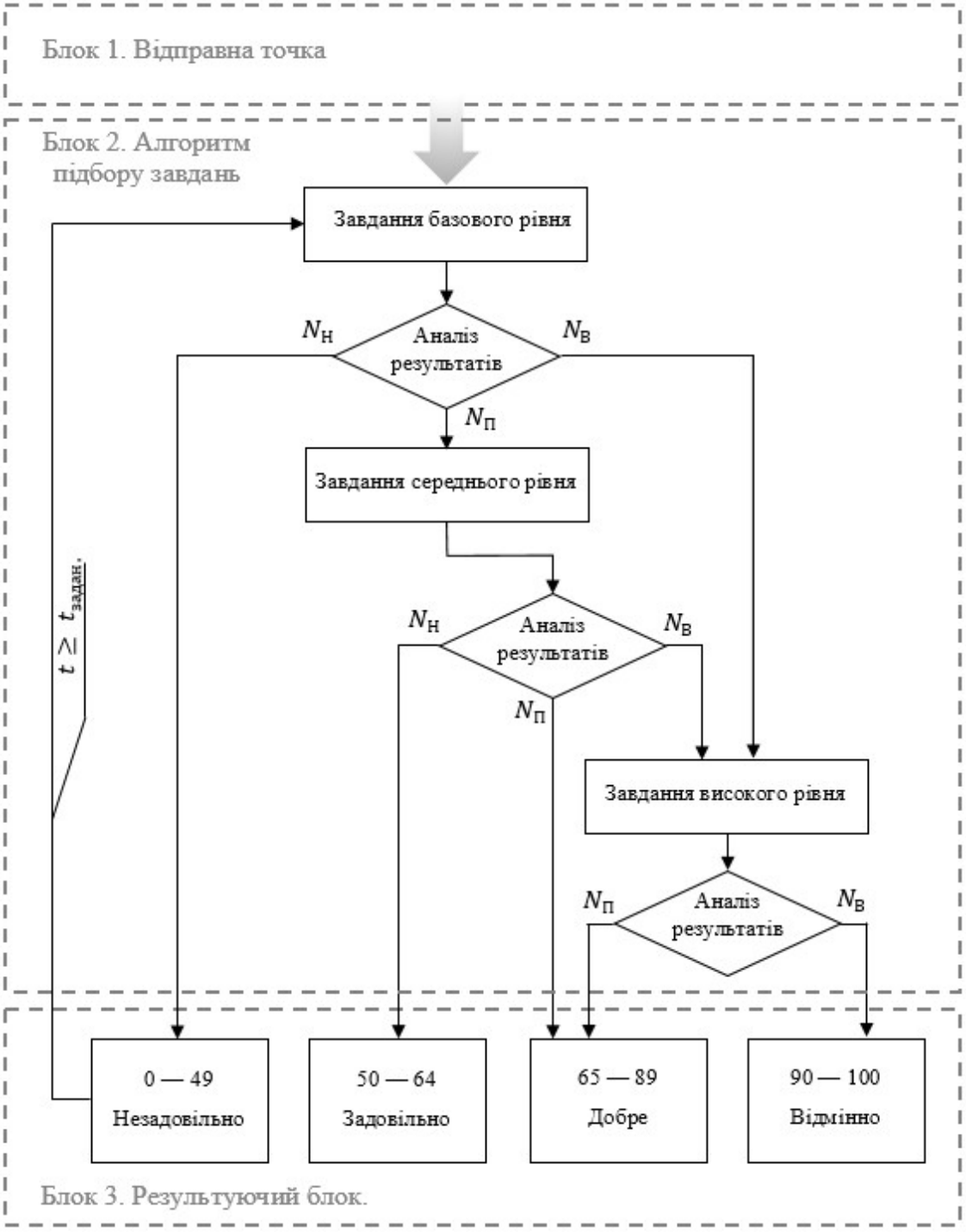

Рисунок 1. Структура моделі підбору завдань оптимальної траєкторії курсу

Структура складається з трьох блоків. Перший блок призначений для формування завдань. Другий блок відображає логіку визначення завдань різної складності. Третій блок відображає результат виконання завдань.

Після вивчення певного навчального матеріалу на курсі слухач отримує завдання базового рівня і виконує його маючи встановлений ліміт часу. Результат виконання завдання аналізується з допомогою алгоритму нечіткого виводу Мамдані із врахуванням рівня цифрової компетентності слухача, а також швидкості та якості опанування програми курсу. Визначається рівень навчального навантаження необхідний для встановлення рівня

складності наступного завдання індивідуально кожному слухачу. При отриманні низького рівня навантаження слухач, при наявності часу, продовжує виконання завдання. Якщо терміни вийшли він оцінюється незадовільно. У випадку отримання помірного навчального навантаження та при наявності часу слухач отримує завдання середнього рівня складності

Результати його виконання аналізуються і оцінюються аналогічно (при отриманні низького навчального навантаження оцінка – задовільно; при отриманні помірного навчального навантаження оцінка – добре; при отриманні високого навчального навантаження слухач отримує завдання високого рівня складності). При отриманні високого навчального навантаження після базового завдання слухачу відразу дається завдання високого рівня складності. Після його виконання проводиться черговий аналіз (при отриманні помірного навчального навантаження оцінка – добре; при отриманні високого навчального навантаження оцінка – відмінно).

На наступному етапі переходимо до моделювання вирішення задачі визначення навчального навантаження, яке виконуємо за допомогою програми Mathlab. Вирішуємо завдання практично використовуючи застосунок Fuzzy Logic Toolbox.

Необхідно задати змінні, що є поточними та вказати їх тип. Визначаємо необхідний умовний діапазон і інтервал змінних. Задаємо функції належності. Іменуємо їх терми. Обираємо з наявного переліку тип та вводимо параметри поточних функцій належності [7].

Індивідуальні цифрові компетентності умовно оцінюємо за шкалою від 0 до 5.

Швидкість виконання завдання умовно оцінюємо за шкалою від 0 до 10.

Якість виконання завдання умовно оцінюємо за шкалою від 0 до 15.

Навчальне навантаження на основі індивідуального прогресу оцінюємо за шкалою від 0 до 30.

Використовуючи редактор бази знань переходимо до створення та модифікації нечітких правил та задаємо типи логічних зв'язків між змінними в середині правил. Вводимо значення вагового коефіцієнта правил.

Візуалізація нечіткого логічного висновку виконується за допомогою GUI-модуля Rule Viewer. Завдяки можливостям цього модуля бачимо ілюстрацію ходу логічного висновку по кожному правилу [8]. Крім того візуалізується результуюча нечітка множина, а також процедура дефазифікації.

Створені правила відображаються у вигляді прямокутників, які розміщуються горизонтально. Кожне правило бази знань подається у вигляді послідовно горизонтально розміщених прямокутників. При цьому перші три стовпчики прямокутників відображають функції належностей термів-посилки правила (частина правила – "Якщо"), а останній четвертий стовпчик прямокутників відповідає функції належності терму-наслідку вихідної змінної. Порожній прямокутник у візуалізації правила говорить про те, що в цьому правилі посилка по змінній відсутня. Жовта заливка графіків функцій належностей вхідних змінних вказує на те, наскільки значення входів, відповідають термам цього правила. Блакитна заливка графіка функції належності вихідної змінної це результат логічного висновку за заданими показниками у вигляді нечіткої множини за цим правилом. Результуюча нечітка множина, яка є логічним висновком за всіма створеними правилами демонструється в нижньому прямокутнику останнього стовпця графічного вікна. Крім того, саме в цьому прямокутнику відображається червона вертикальна лінія, яка відповідає чіткому значенню логічного висновку, який отримано в результаті дефазифікації. Тобто знаходження звичайного (у визначених цифрових величинах) значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних. Це значення може бути використане у спеціальних пристроях, що не належать до системи нечіткого виведення (Рис. 2) [9].

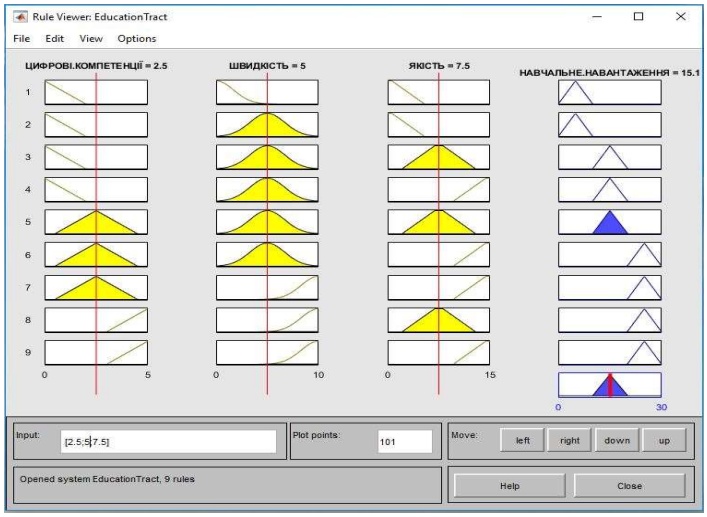

Рисунок 2. Графіки функцій належності вхідних і вихідних змінних з середніми вхідними значеннями

Існує можливість зміни чисельних значень вхідних даних шляхом переміщення курсором вертикальних червоних ліній на інші визначені позиції. Нове чисельне значення відповідної вхідної змінної буде перелічено та змінено автоматично й виведено у вікно Input.

Відповідно, автоматично зміняться й інші показники: вихідна змінна з її чисельним результатом, функція належності вихідної змінної, результат логічного висновку у вигляді нечіткої множини, а також і кінцевий результат виконання процедури дефазифікації (Рис. 3).

Також доступною є функція візуалізації поверхні “вхід-вихід” з виводом графічного тривимірного зображення залежності значення будь-якої вихідної змінної від довільних вхідних змінних (Рис. 4).

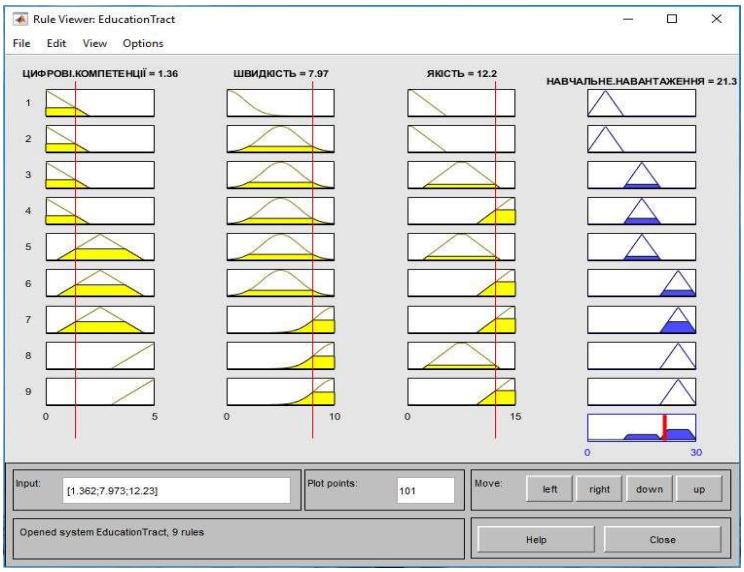

Рисунок 3. Графіки функцій належності вхідних і вихідних змінних з визначеними вхідними значеннями

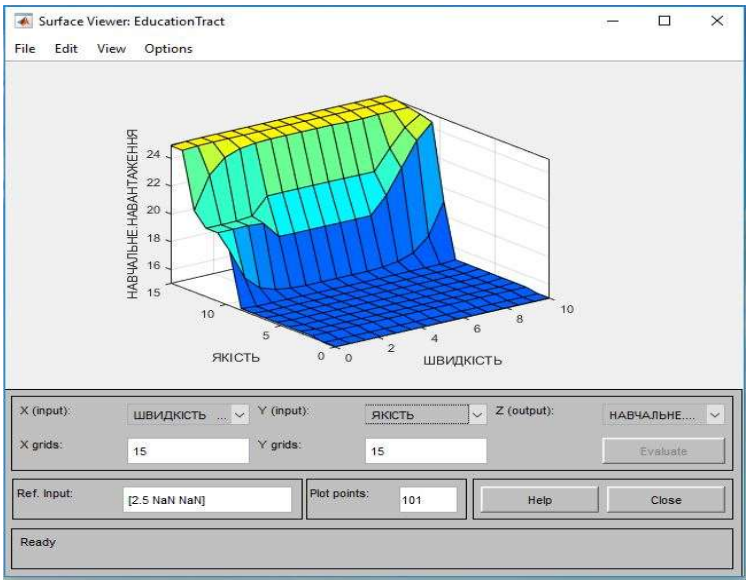

Рисунок 4. Графічне тривимірне зображення залежності значення вхідних і вихідної змінних

Висновки й перспективи подальших досліджень

У межах дослідження виконано моделювання оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу у системі дистанційного навчання. Вхідними змінними параметрами були індивідуальні цифрові компетентності, швидкість і якість виконання завдання. У процесі моделювання було проведено порівняння результатів з різним ступенем індивідуальної цифрової компетентності, швидкості виконання завдання та його якості. Виявлено та продемонстровано наявність залежності вихідної змінної від зміни умовних показників вхідних параметрів. Для більшої об’єктивності результатів можливе включення додаткових вхідних критеріїв.

Для вирішення цього типу задач існує велика кількість методів і підходів. Але, переважна їх більшість використовується лише у визначених

вузьких секторах застосування. Причиною є недоліки, пов'язані з трудоємністю, великою кількістю часу на виконання чи затратністю ресурсів. Також можуть передбачатися певні обмеження.

У порівнянні з наведеними варіантами вирішення типових завдань, метод нечітких множин дозволяє інтелектуалізувати задачу, виконати моделювання порівняно швидко, зручно та без зайвих затрат.

Напрямками подальших досліджень є робота над визначенням додаткових критеріїв, які можуть вплинути на моделювання оптимальної траєкторії проходження дистанційного курсу у системі дистанційного навчання. В якості основного напрямку подальшої роботи – здійснення пошуку нових завдань і процесів, які потребують інтелектуалізації у системі дистанційного навчання.

Література

1. Калачова В., Інформаційне забезпечення інформаційно-освітнього середовища для дистанційного навчання в Збройних Силах України. / О Коломійцев, С. Ткачук // Міжнародна науково-практична конференція "Проблеми впровадження дистанційного навчання в освітньому процесі вищих військових навчальних закладів та можливі шляхи їх вирішення" – 2018. – С. 77-82. **2. Романишин Ю.,** Функціональні аспекти адаптивності технологій дистанційного навчання. / Ю. Романишин, Л. Потеряйло // Міжнародна наукова конференція "Інформація, комунікація, суспільство" – 2018. – С. 287–288. **3. Заболоцький А.Ю.** Модель використання системи підтримки e-learning длярозвитку ікт-компетентностей працівників центрів дистанційної освіти університетів / А.Ю. Заболоцький // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2020, – №5, – С. 76–81. **4. Ткаченко О.** Онтологічне моделювання процесів навчання / О. Ткаченко , К. Ткаченко К., М. Боняр // Міжнародна наукова конференція "IT-технології в освіті, мистецтві та культурі", – 2020, – С. 109–118. **5.** Walcutt, J.J. & Schatz, S. (Eds.) (2019). Modernizing Learning: Building the Future Liarning Ecosystem. Washington, DC: Government Publishing Office. License: Creative Commons Attribution CC BY 4.0 IGO Міжнародний стандартний номер книжки в Україні ISBN: 978-617-7187-61-4 (2021 рік) **6. Пінчук О.П.,** Прокопенко А.А. Розвиток цифрової компетентності – професійно значущого складника компетентності офіцерів Збройних Сил України. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми : збірник наукових праць. Вінниця : ТОВ «Друк плюс», 2021. Вип. 62. с. 54-69 https://lib.iitta.gov.ua/728786/ **7. Kravchenko Y.,** Davidovitch N., Belichenko M. (2017), Information Resources Usage in Project Management Digital Learning System. Journal of Education and Learning. Published by Canadian Center of Science and Education. Vol. 6, No. 2. pp.146-154. **8. Bondarenko V.,** Kravchenko Y., Salkutsan, S., Tyshchenko M. (2020), Synthesis of the structure of multilevel hierarchical systems of increased survivability based on a subjective probability model. [ ], ATIT 2020 – Proceedings 2nd IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory, pp. 138–142. **9. Kravchenko Y.,** Afanasyeva O.,Tyshchenko M., Mykus S. Intellectualisation of decision support systems for computer networks: Production-logical F-inference. CEUR Workshop Proceedings, 2021, vol. 2845, pp. 117–126.

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ТРАЕКТОРИИ ПРОХОЖДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА

Юрий Васильевич Кравченко *(доктор технических наук, профессор)*
Евгений Петрович Махно
Максим Георгиевич Тищенко *(кандидат технических наук, старший исследователь)*
Александр Александрович Шапран

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В этой работе освещен один из современных направлений исследования в области искусственного интеллекта в качестве науки, которая занимается разработкой интеллектуализированных автоматических систем. Определена роль интеллектуализации администрирования систем дистанционного обучения в образовательном процессе учебных заведений. В статье говорится о перспективах дальнейшего развития этого направления. Искусственного интеллекта с его свойствами к адаптации, непрерывного трансформирования, меняется в зависимости от новых тенденций и вызовов современности. Подходах к его изучению и функционированию. Сейчас перспективными направлениями в условиях настоящего времени, является интеллектуализация элементов администрирования и автоматизация ряда учебных компонентов в системах дистанционного обучения. Интеллектуализация администрирования в образовательном процессе позволит автоматизировать рутинные, типичные задачи, требующих человеческих ресурсов и много времени для их выполнения. Одним из них является разработка оптимальной траектории прохождения дистанционного курса в системе дистанционного обучения. Проанализированы существующие подходы, методы решения задач этого класса, а также алгоритмы нечеткого вывода. Представлена структура модели подбора задач оптимальной траектории курса. Конечно же в сфере образования, а тем более, образования военного направления искусственный интеллект только начинает набирать обороты и занимать свое достойное место, разрушая устаревшие нормы, принципы и стереотипы. Но вектор развития уже обозначен.

Ключевые слова: *искусственный интеллект; интеллектуализация; автоматизация; система дистанционного обучения.*

TRAJECTIONAL INTELLECTUALIZATION MODEL PASSING A DISTANCE COURSE

Yurii Kravchenko *(Doctor of Technical Sciences, Professor)*
Yevhenii Makhno
Maksym Tyshchenko *(Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher)*
Oleksandr Shapran

The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine

This article highlights one of the modern areas of research in the field of artificial intelligence as a science for the development of intelligent automatic systems. A comparative analysis of a wide range of options for the development of technologies related to artificial intelligence systems was done. In addition, several approaches are considered to create similar systems. The role of intellectualization of distance learning administration in the educational process of educational institutions is determined. This article provides an opportunity to understand the scope and prospects for the development of this area, artificial intelligence with its properties of adaptation, continuous transformation in response to today's challenges and prospects, approaches to its study and ensuring its functioning. Currently, promising areas in today's conditions are the intellectualization of administrative elements and automation of a number of educational components in distance learning systems. Intellectualization of administration in the educational process will make it possible to automate routine, typical tasks that require human resources and a lot of time to perform them. One of them is the development of an optimal trajectory of the distance learning course in the distance learning system. And it is the model of such an intellectualized educational trajectory for a distance course is presented in this article. Of course, in the field of education, and even more so in the field of military education, artificial intelligence is just beginning to gain momentum and take its rightful place, destroying outdated norms, principles and stereotypes. But the vector of development has already been determined.

Keywords: *artificial intelligence; intellectualization; automation; distance learning system.*

References

1. Kalachova V., Kolomiitsev O., Tkachuk S. (2018), Informatsiine zabezpechennia informatsiino-osvitnoho seredovyshcha dlia dystantsiinoho navchannia v Zbroinykh Sylakh Ukrainy, Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia “Problemy vprovadzhennia dystantsiinoho navchannia v osvitnomu protsesi vyshchykh viiskovykh navchalnykh zakladiv ta mozhlyvi shliakhy yikh vyrishennia ”, pp. 77-82. **2. Romanyshyn Yu.,** Poteriailo L. (2018), Funktsionalni aspekty adaptyvnosti tekhnolohii dystantsiinoho navchannia, Mizhnarodna naukova konferentsiia “Informatsiia, komunikatsiia, suspilstvo”, pp. 287–288. **3. Zabolotskyi A.Yu.** (2017), Model vykorystannia systemy pidtrymky e-learning dliarozvytku ikt-kompetentnostei pratsivnykiv tsentriv dystantsiinoi osvity universytetiv, Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia №5, pp. 76–81. **4. Tkachenko O., Tkachenko K., Boniar M.** (2020), Ontolohichne modeliuvannia protsesiv navchannia. Mizhnarodna naukova konferentsiia “IT-tekhnolohii v osviti, mystetstvi ta kulturi” pp. 109-118. **5.** Walcutt, J.J. & Schatz, S. (Eds.) (2019). Modernizing Learning: Building the Future Liarning Ecosystem. Washington, DC: Government Publishing Office. License: Creative Commons Attribution CC BY 4.0 IGO ISBN: 978-617-7187-61-4 (2021). **6. Pinchuk O.P.,** Prokopenko A.A. (2021), Rozvytok tsyfrovoi kompetentnosti – profesiino znachushchoho skladnyka kompetentnosti ofitseriv Zbroinykh Syl Ukrainy, Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia u pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy, zbirnyk naukovykh prats, Vinnytsia, TOV «Druk plius»,vol. 62. pp. 54-69 https://lib.iitta.gov.ua/728786/ **7. Kravchenko Y.,** Davidovitch N., Belichenko M. (2017), Information Resources Usage in Project Management Digital Learning System, Journal of Education and Learning. Published by Canadian Center of Science and Education. Vol. 6, No. 2. pp.146-154. **8. Bondarenko V.,** Kravchenko Y., Salkutsan, S., Tyshchenko M. (2020), Synthesis of the structure of multilevel hierarchical systems of increased survivability based on a subjective probability model, ATIT 2020 – Proceedings 2nd IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory, pp. 138–142. **9. Kravchenko Y.,** Afanasyeva O.,Tyshchenko M., Mykus S. (2021), Intellectualisation of decision support systems for computer networks: Production-logical F-inference, CEUR Workshop Proceedings, vol. 2845, pp. 117–126.