

СИСТЕМИ ТА ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗНАННЯ У ЄДИНОМУ ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОМУ ПРОСТОРИ

Шушкіна М.П.,

Інститут інформаційних технологій і засобів навчання, м.Київ,

marple@ukr.net

Анотація. У статті виявлено та систематизовано головні напрямки розробки та впровадження засобів, що ґрунтуються на знаннях у єдиному інформаційно-освітньому просторі, виявлено перспективні шляхи їх впровадження та застосування.

В основі формування єдиного інформаційно-освітнього простору лежить комплексний підхід, що полягає у розгляді його структури і складових як єдиної системи. За такого підходу об'єктом керування є процеси обміну та перетворення інформації, що відбуваються між учасниками освітнього простору, його складовими.

Все більш відчутним стає усвідомлення того, що процеси обробки інформації у формі знань виходять на перший план при розгляді освітнього простору як єдиної системи. Саме знання є одним з найбільш суттєвих і значущих ресурсів у складі навчального середовища [3, 11, 15]. Підходи до моделювання знання, розроблені в галузі штучного інтелекту (ШІ), знаходять все нові сфери застосування в освіті. Відмічається тенденція до подальшої інтелектуалізації програмного забезпечення навчального призначення [5].

У формуванні єдиного інформаційно-освітнього простору актуальним формування спільних підходів, вимог та стандартів до

засобів навчання, що застосовуються, їх підсистем, систем та комплексів. Застосування підходів до моделювання знання дає підстави для створення спільної основи для об'єднання різноманітних напрямків та підходів розробки засобів та їх оцінювання.

Метою роботи є виявлення та систематизація напрямків моделювання знання у сучасному інформаційно-освітньому просторі, перспективних шляхів розвитку та впровадження систем, що ґрунтуються на знаннях, в освіті України.

На наш час комп'ютерно-орієнтовані системи, що ґрунтуються на знаннях, є важливою складовою відкритої та дистанційної освіти [5], актуальним напрямком розробки електронного підручника, перспективною технологією навчання предметів шкільного циклу, використовуються в багатьох сферах вищої освіти [3]. Засоби та підходи до моделювання знання, розроблені в галузі штучного інтелекту, знаходять нові шляхи застосування у зв'язку з розвитком таких перспективних технологій, як: розподілені бази знань; репозиторії даних і знань колективного користування [19]; мультиагентні технології, що дають можливість колективного розв'язання задач у середовищі багатьох користувачів, які спілкуються між собою в процесі обміну знаннями та взаємодії з програмними агентами для підтримки багатьох інтелектуальних функцій [3]

Завдяки технологіям моделювання знання з'являються нові форми, засоби та підходи організації процесу навчання [3, 15] в інформаційно-освітньому просторі, зокрема:

- нові підходи до контролю знань у комп'ютерних системах, що ґрунтуються на моделюванні досягнутого учнем рівня знань та їх структури;

- створення віртуальних спільнот, пов'язаних вирішенням спільних задач, здійсненням проєктів, конструювання, інтерактивного спілкування тощо, що передбачають процеси творення знання;

- можливості звертання до джерел інформації на віддалених носіях, що містять банки і бази знань, репозиторії знань спільного користування;

- застосування у процесі навчання інтерактивних засобів, ґрунтованих на знаннях, таких як експертні навчаючі системи, інтелектуальні агенти, тренажери тощо.

Навчальна діяльність в інформаційно-освітньому просторі фактично виступає як процес роботи зі знаннями [3, 2]. Причому мається на увазі не лише сума знань, що є об'єктом вивчення, опанування, хоча це є центральним моментом і метою навчання, а ще й сума навичок, прийомів, способів оперування ними. Сучасні засоби інформаційно-комунікаційних технологій досить великою мірою виступають як засоби діяльності, що ґрунтуються на знаннях, або можуть бути інтегровані в систему таких засобів. З цієї точки зору знання постає *системоутворюючим фактором*, що дозволяє об'єднувати в систему засоби навчання різних типів.

Саме знання та процеси оперування ним виступають фактично об'єктом керування в інформаційно-освітньому просторі. З певної точки зору процеси навчання є різновидом процесів *управління знаннями* [3]. Вони охоплюють як самостійну навчальну діяльність учня та його взаємодію із засобом, так і спільну діяльність учня та вчителя, інших учасників процесу навчання [4]. Водночас, керування

освітнім процесом в цілому спрямоване на забезпечення досягнення його кінцевих цілей, відповідності його нормам та вимогам, надання необхідних ресурсів. Тому керування та оперування знанням, що є ядром процесу навчання, у свою чергу постає об'єктом керування у сфері освітнього менеджменту.

Управління знаннями є перспективною галуззю досліджень, що інтенсивно розвивається як в Україні, так і за рубежом. Ця галузь перебуває у стадії формування, коли нові підходи та технології зазнають іноді навіть несподіваного застосування. Це ускладнює проблеми аналізу та систематизації напрямків досліджень, їх порівняння. Сам термін „управління знаннями” по-різному трактують різні автори. Набуло поширення означення, що характеризує управління знаннями як системну технологію, що забезпечує процеси зберігання, виявлення, колективного використання та створення знань в процесі навчання або професійної діяльності [3, 15].

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології надають можливості надбання та обміну знаннями на відстані, а також колективного творення знання в процесі навчання. Як зазначається в [15, с.6], «знання, як внутрішні когнітивні структури людини, не можуть бути об'єктом управління, тоді як процеси, які підтримують створення, обмін знаннями можуть бути об'єктом управління, особливо у тому випадку, коли задіюють багато учасників процесу творення знань». Також, наголошує той же автор, процеси творення, поширення та використання знання з необхідністю мають бути координовані, якщо вони відбуваються в мережі або у середовищі багатьох користувачів. Через це, інтерес викликає дослідження процесів діяльності зі знаннями з метою отримання об'єктивної

інформації про них, яка була б важливою для прийняття оптимальних управлінських рішень

Імовірно, що у середовищі, де основною метою спільної діяльності є отримання знання, доречні засоби подання інформації саме у такій формі [11, 15]. Це обумовлює актуальність впровадження засобів та систем, що ґрунтуються на знаннях, у єдиному інформаційно-освітньому просторі.

На наш час концепція систем управління знаннями, розвинута в галузі штучного інтелекту, зазнає трансформації. Якщо раніше цим поняттям, як правило, означувались процеси подання та набування знань в базах даних експертних систем і механізми контролю цими процесами, то із розвитком інформаційно-комунікаційних технологій даний термін починають розглядати у більш широкому контексті [15]. Виникають різноманітні форми і засоби репрезентації знання, організації навчально-пізнавальної діяльності та комунікації. Набувають поширення численні напрямки розробки систем, що ґрунтуються на знаннях. У цьому зв'язку змінюються форми і методи управління знаннями в інформаційно-освітньому просторі.

Моделювання процесів діяльності з окремим засобом навчання є мало розробленим питанням. Особлива складність виникає у випадку застосування засобів та систем, що ґрунтуються на знаннях. Тобто треба виявити, які процеси навчальної діяльності будуть відбуватися у середовищі із запровадженням того чи іншого засобу, яку ці процеси матимуть структуру. Тому актуальним стає дослідження та систематизація різноманітних типів процесів роботи зі знаннями, які відбуваються в середовищі. Підходи та засоби подання знання створюють деякі спільні засади моделювання процесів, що

відбуваються в освітній галузі, дають можливість розробки підходів до управління ними, спрямованих на забезпечення їх необхідними ресурсами та задоволення освітніх потреб.

Підходи до моделювання знання часто виявляються досить порізненними, іноді навіть суперечливими, їх складно порівняти, зіставити один з одним. Існують тенденції до інтеграції комп'ютерних систем навчального призначення та програмного забезпечення на базі розробки певних спільних принципів, стандартів застосування, а також до універсалізації на шляху створення багатьох різновидів типових модулів у складі єдиного інформаційно-освітнього простору [1, 3].

Зараз наголошується необхідність пошуку нових когнітивних парадигм, що містили б класифікації знань, концепцій, сутностей у зв'язку з процесами, що відбуваються в середовищі, особливо комп'ютерно-орієнтованому [1, 3]. Постають питання - які типи процесів діяльності виникають у навчальному середовищі, на яких структурах знань ці процеси ґрунтуються, який рівень, склад і якість знань досягається як наслідок?

Необхідність розгляду навчально-пізнавальної діяльності саме у цьому аспекті підкріплюється тим фактом, що сучасні засоби навчання з елементами штучного інтелекту, являють собою системи, що ґрунтуються на знаннях. Таким чином, навчально-пізнавальну, а також взагалі інтелектуальну діяльність людини розуміють у цій галузі як процеси обробки та перетворення знання. Саме процеси роботи зі знаннями, відтворені за допомогою програм штучного інтелекту, являють собою предметну галузь моделювання. Доречно припустити, що системність знання може бути основою для виявлення

критеріїв систематизації типів навчально-пізнавальної діяльності зі знаннями, а також відповідних комп'ютерно-орієнтованих засобів та систем підтримки цих процесів.

Виявлення та систематизація типів пізнавальної та навчально-пізнавальної діяльності, притаманних системам наукового знання, є предметом дослідження когнітивної науки. Так, структурно-номінативна реконструкція знання (Бургін М.С., Кузнєцов В.І., 1991) виокремлює чотири типи системності знання - логіко-лінгвістичний, модельно-репрезентативний, проблемно-евристичний та прагматико-процедурний [2]. До кожного типу системності належать певні структури та елементи знання, а також когнітивні процеси, пов'язані з ними. Виявляється, що більшість компонентів знання, наявних у даній реконструкції, використовується при побудові комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання. Цим пояснюється доцільність розгляду напрямків досліджень засобів та систем навчання, що ґрунтуються на знаннях, в аспекті згаданих типів системності.

Перспективні напрямки розвитку і застосування засобів моделювання знання.

Можливості застосування у навчанні засобів, що ґрунтуються на знаннях, не реалізовано в повній мірі, це відмічається в роботах дослідників [3]. Відзначається також недостатній розвиток цього напрямку в Україні у порівнянні з досвідом зарубіжних країн.

Поряд з інтенсивним розвитком комп'ютерно орієнтованих засобів навчання досить поширеною є ситуація, коли відбувається масова розробка засобів одного-двох видів, тоді як нові підходи поширюються досить повільно. Тому викликає інтерес порівняльний аналіз розвитку нових підходів, зокрема, пов'язаних з впровадженням

систем, що ґрунтуються на знаннях, та виявлення перспектив їх застосування в освіті України.

Розгляд структури знання з деякої загальної точки зору дає можливість виокремлення систематизації перспективних напрямків досліджень засобів та систем моделювання знання, надання методичних рекомендацій щодо найбільш доцільних шляхів їх розробки та застосування. На базі аналізу вітчизняних та зарубіжних досліджень можна виокремити низку напрямків та підходів, відповідно до того, які типи структур знання постають об'єктом уваги розробників.

1. Серед напрямків моделювання знання, які можна віднести до *логіко-лінгвістичного типу*, треба відзначити серію засобів програмування *навчального діалогу* природною мовою (Heffernan N. T., Koedinger K. R., Graesser A.G., VanLehn K.) [12, 14]. Даний напрямок, що розроблений за рубежом в останнє десятиріччя, отримав назву АТМ (Adding a tutorial model) – комп'ютерні системи з моделлю вчителя [12, 14]. Так, експертна система WHY2, що застосовується у галузі фізики [14], призначена для ведення діалогу звичайною мовою з метою пояснення (якісного аналізу) певних фізичних ситуацій. ATLAS, наступник експертної системи ANDES для розв'язання фізичних задач на рух, має додатковий модуль для ведення діалогу (на основі технології обробки звичайної мови) [14]. Також обробка звичайної мови може бути функцією педагогічного агента, як у системі AUTOTUTOR, яка є ввідним курсом комп'ютерної грамотності [14]). Програма MsLinguist [14], призначена для підтримки процесу складання алгебраїчного рівняння на основі даних умови задачі, хоча і не містить потужних засобів обробки звичайної

мови, веде діалог з учнем предметною мовою із використанням математичних позначень.

В Україні 70-ті роки також були створені експертні системи навчального призначення підтримки навчального діалогу, зокрема ПОЭТ - для обробки економічних текстів, що містить семантичну мережу головних понять та має засоби інтерфейсу звичайною мовою, але зараз даний перспективний напрямок не має значного розвитку та поширення.

В останній час інтенсивного розвитку зазнає також напрямок *автоматизації процесів доведення* (Anderson J.R., Sutcliffe G., Анісімов А.В., Лялецький А.В. [17, 20]). Розробляються програми, що призначені для підтримки доведення теорем у значній кількості галузей, у тому числі, і вирішення відкритих проблем. Серед них - трувери (trover), тобто системи пошуку доведень, які можуть працювати автономно від користувача (OTTER, SPASS, Vampire); інтерактивні системи доведень, які в процесі роботи взаємодіють з користувачем, керуються тактиками, що вводяться в систему в ході доведення (Isabelle, Coq, Omega, PVS, HOL); системи верифікації доведень; солвери (solver) – для розв’язання систем рівнянь або задач комп’ютерної алгебри [20].

В Україні у руслі даного напрямку також ведуться дослідження, наприклад, розроблено систему SAD, що належить до програм інтерактивного пошуку доведень [17]. Поряд з цим, треба відзначити, що програми доведення теорем, що дають можливість учневі покроково відстежувати хід доведення, тобто які по суті своїй ґрунтуються на знаннях, практично не застосовуються в загальній освіті.

Серед інших напрямків, які можна віднести до логіко-лінгвістичного типу, таких, що інтенсивно розробляються на наш час, слід відзначити напрямки *засобів управління поняттями у репозиторіях знань* (Shen R., Lenat D., Добров Б.В., Лукашевич Н.В. [9, 16, 19]); *машиного навчання та самонавчання поняттям* (Shen R., Lenat D., Colton S.) [8, 19]) та інші.

2. До напрямків *модельно-репрезентативного типу* системності можна віднести, в першу чергу, *програми розв'язання задач на базі моделей* (Anderson M., McCartney R. [7]). Одними із перших спроб відтворення процесів міркувань, ґрунтованих на моделях, були експертні системи навчального призначення, що містили можливості для репрезентації та використанні креслень у ході розв'язання задач з геометрії. Згодом, програми даного типу почали розроблятися і в інших галузях. Зараз відбувається перехід від розробки програм в окремих галузях до розвитку більш загальних парадигм. Один з підходів, що отримав назву IDR (inter-diagrammic reasoning) – «міркування з використанням діаграм», надає загальну платформу для реалізації процесів обробки різних видів інформації візуального типу. Прикладом реалізації даного підходу є програма розв'язання задач із використанням діаграм Венна [7].

До даного типу системності можна віднести також такий напрямок розробки засобів моделювання знання, як *мікросвіти (об'єктно-орієнтовані середовища)* (McArthur D., Habberger W.V. [18])

3. Серед засобів навчання, що ґрунтуються на знаннях, до *прагматико-процедурного типу* системності можна віднести *експертні системи на базі планів, схем розв'язання задач* (Gertner A., Conati C., VanLehn K., Elio R., Sharf P.V., [10, 12]), що інтенсивно

розробляється на наш час. Так, ANDES [12], експертна система, що навчає фізиці Н'ютона, окрім правил має у явному вигляді абстрактні плани (ланцюжки дій), які використовує експерт при розв'язанні задач. Ієрархічна мережа, що містить всі допустимі розв'язання задачі та абстрактні плани, що генерують ці рішення, зветься графом розв'язків і генерується в кожному з випадків розв'язання задачі. Структури подібного типу містяться також у будові таких програм, як EURICA [10], «Algebra Tutor» [18] та інших.

До даного типу системності можна віднести також *програми-тренажери* (Филатова Н.Н., Вавилова Н.И. [6]); *імітаційно-моделюючі середовища*; *віртуальні лабораторії*; *«інтелектуальні» програми контролю знань* та інші.

4. У межах *проблемно-евристичного типу* системності традиційним об'єктом досліджень постають *проблемно-орієнтовані експертні системи* (Elio R., Sharf P.B., [10]). Для засобів даного типу характерна організація знань у вигляді мережі із правил або і цілісних процедур, кожна з яких призначена для розв'язання окремої задачі або підзадачі. Запуск окремої процедури для вхідних даних умови задачі одразу ж веде до результату. Наприклад, система EURICA [10], ґрунтується на використанні проблемно-орієнтованих схем під час розв'язання задач на силу і енергію у галузі фізики.

Інший напрямок досліджень, що розвинуто в останній час - *експертні системи запитань та відповідей*. Особливість засобів даного типу у тому, що вони надають можливість учневі втручатися в процес керування навчанням і задавати різноманітні запитання, що стосуються надання інформації або пояснень. До даного типу системності можна віднести також такі напрямки досліджень, як *системи постановки задач та електронні задачники*; *програми*

евристичного пошуку та застосування стратегій; програми генерування та перевірки гіпотез та інші.

В результаті систематизації та порівняння напрямків розвитку засобів навчання, що ґрунтуються на знаннях, можна зробити висновок, що деякі з них досить інтенсивно розвиваються і впроваджуються як в Україні, так і за рубежом, тоді як інші є перспективою подальших розробок. Так, такі типи засобів інформаційно-комунікаційних технологій, як програми-тренажери, мікросвіти, засоби імітації експерименту, програми контролю знань; системи постановки задач та електронні задачки; імітаційно моделюючі середовища та інші в досить значному ступені розвиваються і поширюються в Україні, зокрема в загальній і професійній освіті. Поряд з цим, перспективними напрямками розробки і впровадження постають такі, як експертні системи, зокрема такі їх різновиди, як системи доведення теорем; розв'язання задач на підставі моделей, проблемно-орієнтовані, підтримки навчального діалогу. Також перспективними напрямками розвитку є бази та репозиторії знань спільного користування та системи управління ними; програми автоматичного набування знань та інші.

На базі наведеної систематизації процесів навчальної діяльності, що ґрунтуються на знаннях, та виявлення відповідних напрямків розробки засобів інформатизації можна надати *методичні рекомендації* щодо найбільш доцільних шляхів створення та використання засобів відповідно до типів системності знання в різних предметних галузях.

Для дисциплін математичного циклу, характерні міркування, здебільшого, *логіко-лінгвістичного типу*, до яких належить функціонування понять; формування та використання мовних засобів

певної системи знання; процеси доведення; розв'язання задач (із застосуванням символічних перетворень); формулювання та встановлення положень, тверджень та висновків. Для інформатизації даних типів діяльності доцільною є розробка та застосування комп'ютерних програм підтримки процесів доведень, зокрема експертних систем, також - розв'язання задач; навчального діалогу та інших.

Для інформатизації природничих галузей знання, для яких більш характерні процеси діяльності *модельно-репрезентативного типу*, такі як формування та використання моделей об'єктів з предметної галузі; дослідження об'єктів, їх властивостей та відношень; формулювання та експериментальна перевірка висновків; розв'язання задач із застосуванням моделей; ефективно застосування таких засобів, як «мікросвіти»; засоби імітації експерименту; експертні системи, що ґрунтуються на моделях. Використання деяких з таких програм є доцільним також для тих розділів математики, де необхідні графічні моделі об'єктів, наприклад теорії графів, геометрії тощо.

Дисциплінам природничого циклу, а також професійного навчання найбільш притаманні типи діяльності *прагматико-процедурного типу*, такі як відпрацювання навичок; засвоєння правил, алгоритмів, методів та процедур здійснення професійної та навчально-пізнавальної діяльності; проведення експериментів та лабораторних робіт; розв'язання задач; оцінювання. Відповідні типи засобів їх інформатизації – експертні системи на основі схем та планів дій; програми-тренажери, імітаційно-моделюючі середовища, а також віртуальні лабораторії та стенди. Процеси оцінювання та контролю

знань та умінь та засоби їх підтримки необхідні практично в усіх предметних галузях.

Проблемно-евристичні структури навчальної діяльності універсальні та також характерні для різноманітних предметних галузей, де здійснюються процеси розв'язання задач. Серед них можна виокремити такі типи процесів, як постановка та розв'язання задач та проблем; евристичний пошук; генерування гіпотез та стратегій; постановка питань та надання відповідей та інші. Для їх інформатизації доцільно застосування експертних систем проблемно-орієнтованого типу та евристичного пошуку; генерації навчальних задач; електронні задачки.

Таким чином, класифікація типів системності знання може слугувати важливим критерієм систематизації засобів навчання, що ґрунтуються на знаннях, виявлення їх ролі і місця в організації процесів навчальної діяльності в єдиному інформаційно-освітньому просторі, перспективних напрямків їх розвитку і впровадження в освіті України. Предметом подальших досліджень може бути визначення підходів та принципів щодо створення та оцінювання комп'ютерно орієнтованих засобів та систем, що ґрунтуються на знаннях, виявлення, забезпечення та управління процесами діяльності в межах окремих типів системності знання у складі єдиного інформаційно-освітнього простору.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Биков В.Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти. – Київ: Атіка, 2009. – 684 с.

2. Бургин М.С. Деятельностные аспекты научной теории / Бургин М.С., Кузнецов В.И. // Рациональность, рассуждение, коммуникация. - Киев: Наукова думка, 1987. - с.126-141.

3. Гриценко В.И. Дистанционное обучение: теория и практика / Гриценко В.И., Кудрявцева С.П., Колос В.В., Веренич Е.В. – Киев: Наукова думка, 2004. – 375 с.

4. Машбиць Ю.І. Психологічний аналіз навчання як управління учбовою діяльністю // Актуальні проблеми психології: Психологічна теорія і технологія навчання / За ред. Максименка С.Д., Смульсон М.Л. – К.: Міленіум, 2006. – т.8. – Вип.2. – с. 6-23.

5. Надточий И.Л., Кафтанников И.Л. Методология и средства повышения степени интеллектуализации ИТ-учебного процесса // Educational Technology & Society. - 2003. – vol.6(3). - pp. 154-163.

6. Филатова Н.Н., Вавилова Н.И.. Проектирование мультимедиа-тренажеров на основе сценарных моделей представления знаний // Educational Technology & Society. - 2000. - vol.3(4). - pp. 193-202.

7. Anderson M., McCartney R. Diagram processing: Computing with diagrams // Artificial Intelligence. – 2003, v.145, pp.181-226.

8. Colton S. Theory Formation Applied to Discovery, Learning and problem solving. [Электронный ресурс] – 2002. – Режим доступа: http://www.doc.ic.ac.uk/~sgc/html_papers/colton_mi00.html.

9. Dobrov B.V., Lukashevich N.V. Ontologies for natural language processing: description of concepts and lexical senses [Электронный ресурс] // Proceedings of International conference “Dialog-2006”. – Режим доступа: <http://www.dialog-21.ru/dialog2006/materials/pdf/Dobrov.pdf>.

10. Elio R. Modeling Novice-to-Expert Shifts in Problem-Solving Strategy and Knowledge Organization / Elio R., Scharf P.B. // Cognitive Science. - 1990. - vol.14. - p.579-639.

11. Gadomski A. M. New Paradigms of Meta-System Engineering (1999-2004) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://erg4146.casaccia.enea.it/wwwerg26701/gad-mse.html>.

12. Graesser A.G. Intelligent Tutoring Systems with Conversational Dialogue / Graesser A.G., VanLehn K., Rose C.P., Jordan P.W., Harter D. // AI Magazine. - Winter 2001. - vol.22(4). - p. 39-52.

13. Habegger W.V., Emert J.W. Cabri-Geometre vs. The Geometr's Sketchpad: A comparison of two dynamic geometry systems // Computers & mathematics. - 1993. - vol.40. - n.8. - p.988-992.

14. Heffernan N. T. Expanding the Model-Tracing Architecture: A 3rd Generation Intelligent tutor for Algebra Symbolization / Heffernan N. T., Koedinger K. R., Razzaq L. // The International Journal of Artificial Intelligence in Education. - 2008. – vol.18(2). – p.153-178.

15. Kuhlen R. Change of Paradigm in Knowledge Management [Электронный ресурс] // Knowledge Management / Edited by Hans-Christoph Hobohm. - München: IFLA Publications, 2003. – Режим доступа: (http://www.inf-wiss.uni-konstanz.de/People/RK/Vortraege03-Web/rk_ifla03_for_publ300803.pdf).

16. Lenat D.B. CYC: A Large-Scale Investment in Knowledge Infrastructure [Электронный ресурс] // ACM, 1995, vol.38, n.11, pp.32-38. – Режим доступа: <http://web.media.mit.edu/~lieber/Teaching/Common-Sense-Course-02/Lenat-CACM.pdf>

17. Lyaletski A., Verchinine K, Paskevich A., and A.. Theorem proving and proof verification in the system SAD // Lecture Notes in Computer Science, 3119, Springer-Verlag.- 2004.- P. 236-250.

18. McArthur D. The Roles of Artificial Intelligence in Education: Current Progress and Future Prospects / McArthur D., Lewis M.W., Bishay M. - RAND, Santa Monica, CA, DRU-472-NSF. – 1993.

19. Shen R., Richardson R., Fox E.A. Concept maps as visual interfaces to digital libraries: summarization, collaboration, and automatic generation [Электронный ресурс]. – 2003. - Режим доступа: <http://vw.indiana.edu/ivira03/shen-et-al.pdf>.

20. Sutcliffe G. Evaluationg general purpose automated theorem proving systems / Sutcliffe G., Suttner Ch. // Artificial Intelligence. – 2001. – vol.131. – p.39-54.