

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 378.147-057.4:004:519.87 (045)

Павленко П.М., д-р техн. наук

Задонцев Ю.В., аспірант

Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ РІВНЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ФАХІВЦІВ З ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Побудована модель процесу отримання рівня підготовки об'єктами навчання. Врахування динаміки засвоєння знань, формування умінь та набуття навичок об'єктом підготовки дає змогу вирішувати задачу моделювання взаємозв'язаних заходів системи підготовки на основі побудови функцій забування знань і втрати умінь та навичок

Постановка задачі

Задача підготовки фахівців по впровадженню інформаційних технологій у різні сфери промислового виробництва складається із завдань формування знань, умінь та навичок, необхідних для виконання розрахунків, проектів та робіт інформатизації процесу виробництва. Тобто задачею системи підготовки являється не тільки засвоєння тими, хто навчається, сукупності теоретичних знань, але й формування умінь та навичок виконання завдань. Іншими словами, фахівець повинен уміти застосовувати теоретичні знання на практиці та володіти навичками практичної роботи

Проведений аналіз показав, що ефективність впровадження інформаційних технологій у виробництво залежить від рівня кваліфікації, тобто рівня знань, умінь та навичок об'єктів системи підготовки. Тому однією з важливих задач є побудова моделі формування відповідного стабільного рівня знань, умінь та навичок, яка є науковою основою створення ефективної системи підготовки фахівців по впровадженню ІТ-технологій.

Аналіз досліджень і публікацій

Різні методи моделювання соціальних процесів, в тому числі і процесу навчання викладені в роботах [1-4]. Численні експериментальні дані свідчать, що важливішою загальною закономірністю навчання являється уповільнено-асимптотичний характер кривих навчання. В більшості випадків криві навчання апроксимуються експоненціальними кривими. В [5] описано принципи та доцільність впровадження CALS-технологій на машинобудівних підприємствах України. Запропоновано послідовність розв'язання завдань для участі вітчизняних промислових підприємств у міжнародних інфраструктурних інвестиційних проектах, вказано на необхідність підготовки фахівців по впровадженню інформаційних технологій у промисловість.

Мета статті

Метою статті є побудова аналітичної моделі формування у тих, хто навчається, системи знань, умінь та навичок як сукупності взаємопов'язаних елементів, яка буде отримана в результаті підготовки. Задача побудови математичної моделі процесу засвоєння знань, формування умінь та набуття навичок об'єктами підготовки полягає в отриманні залежностей, що дозволять формально описати зміну рівня підготовленості об'єкту навчання та вирішити задачу моделювання взаємозв'язаних заходів системи підготовки на основі побудови функцій забування знань і втрати умінь та навичок.

Основний матеріал

Підготовка фахівців по впровадженню інформаційних технологій це складний процес, що включає: планування, управління функціонуванням, управління розвитком, контроль та координацію. Загальна схема підготовки фахівців наведена на рис. 1. Наведена схема являється такою, що постійно розвивається. Це перш за все пов'язано із стрім-

ким розвитком інформаційних технологій та мультизадачністю впровадження цих технологій у промислове виробництво.

Результуючою величиною, що характеризує систему підготовки в цілому є комплексна функція ($S(z, u, n)$), параметрами якої є змінні (z, u, n), що відображають рівень знань (z), умінь (u) і навичок (n) фахівців (рис.1).

Розвиток системи підготовки фахівців здійснюється завдяки процесам координації із зовнішнім середовищем, вплив якого на систему підготовки здійснюється шляхом замовлення на підготовку спеціалістів та вимогами до рівня їх підготовки ($M(z', u', n')$).

Проведений аналіз показав, що ефективність впровадження інформаційних технологій у виробництво залежить від рівня кваліфікації, тобто рівня знань, умінь та навичок об'єктів системи підготовки. Тому однією з важливих задач є побудова моделі форму-

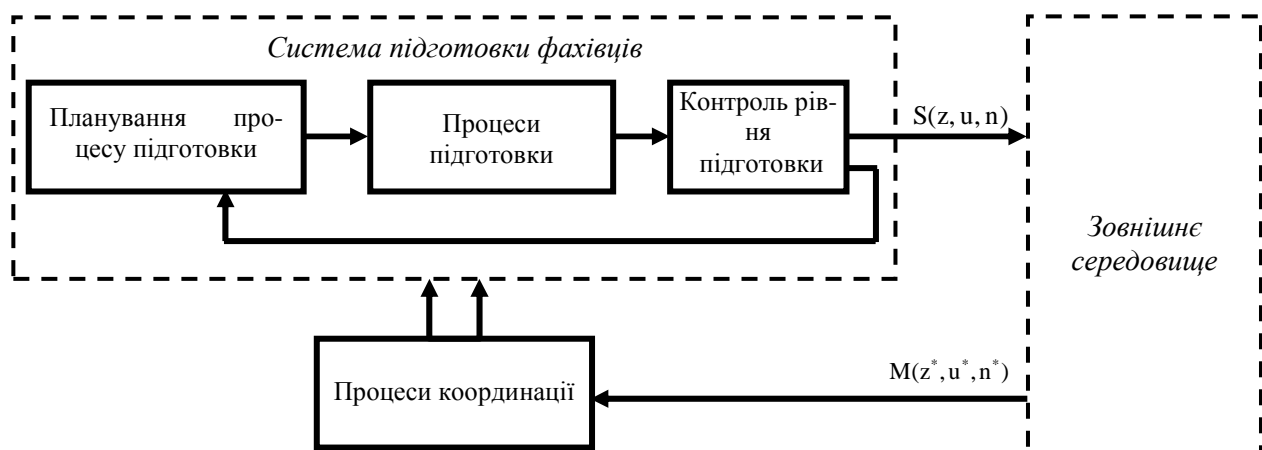


Рис. 1. Загальна схема підготовки фахівців

вання відповідного стабільного рівня знань, умінь та навичок, яка є науковою основою створення ефективної системи підготовки.

Система підготовки – об'єкт, що відокремлюється з навколишнього світу для реалізації своєї цільової функції – формування у тих, хто навчається, деякого апріорно визначеного рівня в конкретній предметній області.

Аналіз процесів формування знань, умінь та навичок у тих, хто навчається, дозволяє виділити наступні структурні елементи системи підготовки: об'єкт підготовки, суб'єкт підготовки та середовище підготовки, яке у свою чергу визначається процесами засвоєння знань, формування вмінь та набуття навичок об'єктами підготовки (рис. 2).

Об'єкт підготовки – це група осіб (може й одна особа), формування у яких деякого апріорно визначеного рівня знань вважається ціллю функціонування системи підготовки. Суб'єкт підготовки – викладачі, що безпосередньо, беруть участь в навчальному процесі в якості джерел знань та (або) координаторів самостійної пізнавальної діяльності тих, хто навчається, а також адміністративний, технічний персонал, що забезпечує реалізацію цілей навчання.

Навчання визначається як процес управління зовнішньою і внутрішньою активністю об'єкту навчання, в результа-

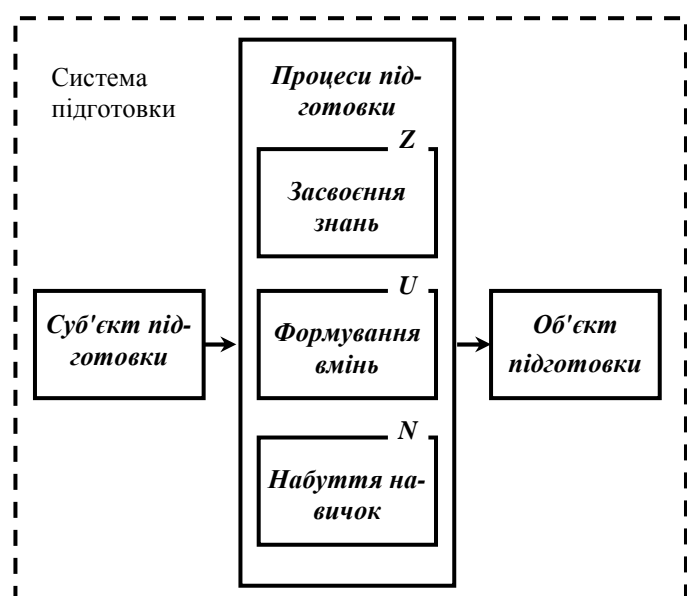


Рис. 2. Процеси підготовки фахівців

ті якого у останнього формуються певні знання, уміння та навички.

Можливості об'єкту навчання визначаються через знання, уміння та навички, необхідні для ефективного виконання професійних завдань. Аналіз представленої вище моделі дозволяє виділити наступні три категорії результатів процесу навчання і відповідних ним фактів.

1) Теоретичні знання – упорядкована сукупність відомостей, зазвичай фактичного або процедурного характеру, використання яких дозволяє адекватне виконання задач. Володіння знаннями не говорить про те, що вони будуть використані. До них відносяться знання, що отримані на теоретичних (лекційних та групових) заняттях, вони утворюють систему знань про призначення, характеристиках, принципах функціонування предмету навчання, методології їх застосування та інше.

2) Практичні уміння – здібності, необхідні для виконання деякої функції при виконанні обов'язків. До них відносяться сформовані при практичній підготовці уміння виконувати задачі (наприклад, уміння програмувати, уміння застосовувати спеціальні програмні продукти, відпрацьовувати задачі управління виробництвом, планування ресурсів та інше). Дуже часто для проявлення умінь необхідно використання яких-небудь основних знань.

3) Практичні навички – це здатність легко і точно виконувати дій, необхідні для якісного виконання робіт. Необхідно вказувати деякий нормативний рівень, досягнення якого необхідно для ефективного виконання роботи. До цієї категорії відносяться сформовані при практичному та самостійному навчанні навички виконання завдань (наприклад, навички роботи з клавіатурою, навички монтажу технічних засобів, навички програмування та інше).

Запропонована до розгляду математична модель визначає основні складові процесу підготовки. В основі моделі лежать наступні принципи.

1. Результат процесу підготовки фахівця – рівень професійної кваліфікації, тобто рівень знань, умінь та навичок, відображено у вигляді вектора (Z, U, N) .

2. Інформація, що надається тим, хто навчається I , кількість знань Z , кількість умінь U та кількість навичок N можуть бути зображені в вигляді рівноправних слабо взаємодіючих відповідних елементів z, u та n , число яких пропорційно кількості I, Z, U, N . Такими елементами являються факти відповідних категорій, наведених вище.

3. Процес навчання є суперпозиція елементів підготовки, тобто засвоєння знань (формування умінь, набуття навичок) та забування. Швидкість зміни кількості знань того, хто навчається, дорівнює різниці швидкості засвоєння знань $\partial Z_+ / \partial t$ та швидкості забування $\partial Z_- / \partial t$:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = \frac{\partial Z_+}{\partial t} + \frac{\partial Z_-}{\partial t}. \quad (1)$$

Аналогічним чином для умінь та навичок:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial U_+}{\partial t} + \frac{\partial U_-}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial N_+}{\partial t} + \frac{\partial N_-}{\partial t}. \quad (3)$$

4. В процесі навчання той, хто навчається отримує інформацію шляхом поступового вивчення елементів навчального матеріалу ∂I (засвоєння кожного елемента навчального матеріалу):

$$\begin{aligned} \partial Z_+ &= \partial I_Z, & \partial Z_+ / \partial t &= \partial I_Z / \partial t; \\ \partial U_+ &= \partial I_U, & \partial U_+ / \partial t &= \partial I_U / \partial t; \\ \partial N_+ &= \partial I_N, & \partial N_+ / \partial t &= \partial I_N / \partial t. \end{aligned} \quad (4)$$

5. Швидкість забування пропорційна кількості знань, умінь та навичок того, хто навчається:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = \gamma_Z Z, \quad \frac{\partial U}{\partial t} = \gamma_U U, \quad \frac{\partial N}{\partial t} = \gamma_N N \quad (5)$$

Розіб'ємо процес підготовки фахівця на інтервали тривалістю τ та будемо вважати, що всередині кожного такого інтервалу матеріал розподілений рівномірно, тобто швидкість надходження інформації до того, хто навчається, залишається постійною:

$$\begin{aligned} v_Z &= \partial I_Z / \partial t = \text{const}, \\ v_U &= \partial I_U / \partial t = \text{const}, \\ v_N &= \partial I_N / \partial t = \text{const}. \end{aligned}$$

Із (1) – (5) виходить: $\frac{\partial Z}{\partial t} = v_Z - \gamma_Z Z$, $\frac{\partial U}{\partial t} = v_U - \gamma_U U$, $\frac{\partial N}{\partial t} = v_N - \gamma_N N$. Вважаючи, що в момент початку відліку часу t_0 кількість знань того, хто навчається, $Z(t_0) = Z_0$ отримаємо інтеграл: $\int_{Z_0}^Z \frac{\partial Z}{Z - v_Z / \gamma_Z} = -\gamma_Z \int_{t_0}^t \partial t$.

Звідки виходить, що кількість знань того, хто навчається, в момент часу $t = t_0 + \tau$ дорівнює: $Z(t) = \frac{v_Z}{\gamma_Z} (1 - e^{-\gamma_Z(t-t_0)}) + Z_0 e^{-\gamma_Z(t-t_0)} = \frac{v_Z}{\gamma_Z} (1 - e^{-\gamma_Z \tau}) + Z_0 e^{-\gamma_Z \tau}$. Якщо на початку навчання той, хто навчається не має теоретичних знань ($Z_0 = 0$) кількість засвоєних знань за час $t = t_0 + \tau$ дорівнює $Z(t) = \frac{v_Z}{\gamma_Z} (1 - e^{-\gamma_Z \tau})$.

Якщо швидкість надходження інформації $v = 0$ (наприклад, після закінчення навчання), то кількість невтрачених знань за час τ дорівнює: $Z_0 e^{-\gamma_Z \tau}$.

Аналогічним чином для рівня умінь та навичок

$$\begin{aligned} \int_{U_0}^U \frac{\partial U}{U - v_U / \gamma_U} &= -\gamma_U \int_{t_0}^t \partial t, \\ \int_{N_0}^N \frac{\partial N}{N - v_N / \gamma_N} &= -\gamma_N \int_{t_0}^t \partial t. \end{aligned}$$

А рівень умінь та навичок того, хто навчається, в момент часу $t = t_0 + \tau$ дорівнюють:

$$\begin{aligned} U(t) &= \frac{v_U}{\gamma_U} (1 - e^{-\gamma_U(t-t_0)}) + U_0 e^{-\gamma_U(t-t_0)} = \frac{v_U}{\gamma_U} (1 - e^{-\gamma_U \tau}) + Z_0 e^{-\gamma_U \tau}, \\ N(t) &= \frac{v_N}{\gamma_N} (1 - e^{-\gamma_N(t-t_0)}) + N_0 e^{-\gamma_N(t-t_0)} = \frac{v_N}{\gamma_N} (1 - e^{-\gamma_N \tau}) + Z_0 e^{-\gamma_N \tau} \end{aligned}$$

Процес підготовки фахівця являється подрібненим на інтервали.

Оскільки кількість знань в кінці j -го інтервалу навчання (семестру) дорівнює сумі знань, засвоєних на попередніх інтервалах ($y_1, 2, \dots, i, \dots, j$ -ому семестрах), та частково забутих впродовж $(j-1), (j-2), \dots, (j-i), \dots, 0$ років відповідно, то маємо:

$$Z_j = \sum_{i=1}^j \Delta Z_i e^{-\gamma_Z(j-i)} = \sum_{i=1}^j \frac{v_{Zi}}{\gamma_Z} (1 - e^{-\gamma_Z \tau}) e^{-\gamma_Z(j-i)},$$

де $\Delta Z_i = (v_{Zi} / \gamma_Z) (1 - e^{-\gamma_Z \tau})$ – знання, засвоєнні на i -ому інтервалі підготовки.

Аналогічним чином для рівня умінь та навичок

$$U_j = \sum_{i=1}^j \Delta U_i e^{-\gamma_U(j-i)} = \sum_{i=1}^j \frac{v_{Ui}}{\gamma_U} (1 - e^{-\gamma_U \tau}) e^{-\gamma_U(j-i)}, \quad N_j = \sum_{i=1}^j \Delta N_i e^{-\gamma_N(j-i)} = \sum_{i=1}^j \frac{v_{Ni}}{\gamma_N} (1 - e^{-\gamma_N \tau}) e^{-\gamma_N(j-i)},$$

де $\Delta U_i = (v_{Ui} / \gamma_U) (1 - e^{-\gamma_U \tau})$ – уміння, сформовані на i -ому інтервалі підготовки,

$\Delta N_i = (v_{Ni} / \gamma_N) (1 - e^{-\gamma_N \tau})$ – навички, набуті на i -ому інтервалі підготовки.

Використання даної моделі для дослідження процесу формування системи знань до-

звояє враховувати залежність рівня професійної підготовленості фахівця від категорії фактів (знань, умінь, навичок). Використання коефіцієнтів забування фактів першої, другої та третьої категорій $\gamma_Z, \gamma_U, \gamma_N$, а також швидкості їх надходження v_{Zi}, v_{Ui}, v_{Ni} , де i – номер інтервалу навчання, дозволить ставити задачі раціонального планування системи підготовки.

Розрізняють два аспекти процесу засвоєння знань, формування вмінь та набуття навичок. Перший аспект – результативний – при навчанні система повинна досягнути необхідного результату – якості виконання завдань із задовільними затратами часу, енергії та ін. Другий аспект – процесуальний: адаптація системи до деякого виду дій в процесі навчання чи тренування. Відповідно, виділяють результативні характеристики навчання та характеристики адаптації. В роботі мова іде саме про результативні характеристики навчання.

В якості основної результативної характеристики навчання зазвичай приймається критерій рівня навчання. Також в якості показників рівня навченості можуть виступати наступні характеристики [4,5]:

- часові (час виконання дії, операції, час реакції, час, затрачений на виправлення помилки та ін.);
- швидкісні (продуктивність праці, швидкість реакції, руху та ін. – величини, обернені до часу);
- точностні (величина помилки в мірах фізичних величин, кількість помилок, ймовірність помилки, ймовірність точної реакції, дії та ін.);
- інформаційні (об'єм матеріалу, інформації).

Експериментальні дані свідчать, що важливішою загальною закономірністю ітеративного навчання являється уповільнено-асимптотичний характер кривих навчання: вони монотонні, швидкість зміни критерію рівня навченості з часом збільшується, а сама крива асимптотично наближається до деякої межі. В більшості випадків криві навчання апроксимуються експоненціальними кривими.

Важливу роль в процесах навчання грають процеси збереження інформації. Вони являються важливішими психічними процесами, що реалізують засвоєння знань, формування вмінь та набуття навичок. Важливим елементом пам'яті являється процес забування. Забування – процес, що характеризується поступовим зменшенням можливості згадування та відтворення інформації чи дій. Збереження в пам'яті і забування при усій їх протилежності – процеси в рівній мірі важливі для нормального функціонування системи підготовки.

На рис. 3 зображено загальний вигляд кривих навчання тобто залежності зміни знань, умінь та навичок у процесі навчання, що враховують процеси забування. Сімейство цих кривих має сенс назвати "криві рівня підготовки".

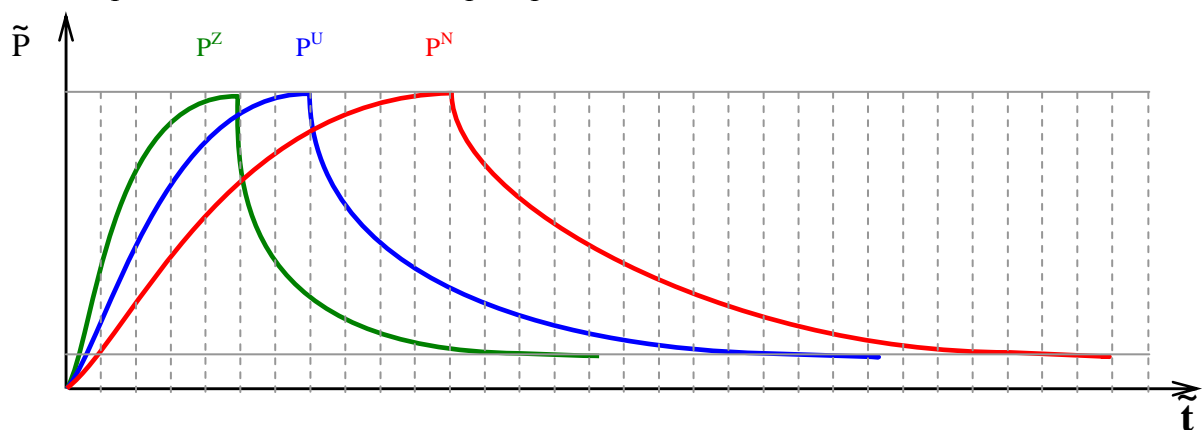


Рис. 3. Залежності рівня знань, умінь та навичок

Крім того, процеси підготовки змінюють свою швидкість при наявності повторювань (рис. 4).

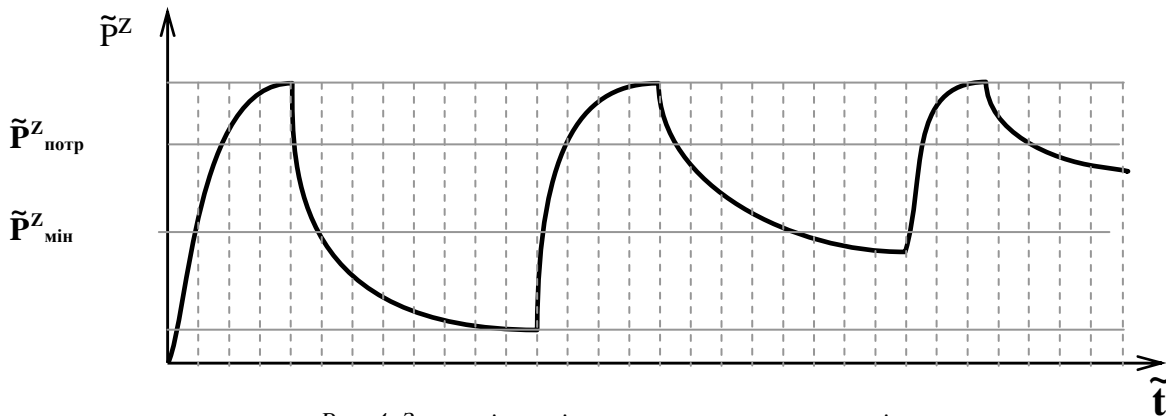


Рис. 4. Залежність рівня знань при повторюванні

Розрахунки \tilde{P} і \tilde{t} на рисунках представлено в нормованих одиницях. При проведенні розрахунків параметри, що входять до виразів, приведені до безрозмірних величин, а час представлено в нормованих одиницях. З рис. 3 і 4 видно, що швидкості отримання знань, формування умінь і набуття навичок та швидкості забування (зменшення) знань, втрата умінь і навичок різні. Можна припустити, що знання довше завоюються та швидше забуваються в силу свого теоретичного характеру. Практичні вміння, вочевидь, забуваються повільніше ніж знання, оскільки той, що навчається, часто стикається з ними, "повторюючи" їх у подальшому навчанні або роботі. Швидкість забування навичок, внаслідок створення у тих, хто навчається, деяких чуттєво-наочних образів, найменша. Забування залежить від об'єму матеріалу, а процент збереження вивченого матеріалу після певного відрізка часу знаходиться в обернено пропорційному відношенні до об'єму цього матеріалу.

Висновки

Врахування динаміки рівня знань, умінь та навичок об'єкту підготовки дає змогу вирішувати задачу моделювання взаємозв'язаних заходів системи підготовки на основі побудови функцій забування знань і втрати умінь та навичок, що дає основу планування системи підготовки для підвищення рівня знань залежно від кожної з цілей, що входять до переліку функціональних обов'язків. Крім того, це дає можливість його динамічного корегування за результатами аналізу результатів контролю навчання.

Список літератури

1. Растрингін Л.А., Зренштейн М.Х. Адаптивне обучение с моделью обучаемого. – Рига: Зинатне, 1988. – 160 с.
2. Буш Р., Мостеллер Ф. Стохастические модели обучаемости. - Г.: Физматгиз, 1962. – 484 с.
3. Майер Р.В. Информационные технологии и физическое образование. – Глазов: ГГПИ, 2006. – 64 с.
4. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. – М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 96 с.
5. Ефективність впровадження CALS-технологій на машинобудівних підприємствах України / В.В. Ступницький // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". Оптимізація вироб. процесів і техн. контроль у машинобуд. та приладобудуванні. — 2009. — N 642. — С. 79-83. — Бібліогр.: 5 назв. — укр.