

УДК 378.016:004.94

**ПРОБЛЕМА МІЖПРЕДМЕТНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ МАТЕМАТИКИ
ТА ІНФОРМАТИКИ У ВИЩІЙ ОСВІТІ****Бугаєць Н. О.**

Стаття присвячена питанням міжпредметної інтеграції математики та інформатики у вищій освіті. Інформатика розглядається як фундаментальна наукова дисципліна і комплексний науковий напрям, що має інтердисциплінарний характер. У статті наведені основні принципи визначення змісту навчання для інформатичних дисциплін в умовах швидких змін. Звертається увага на посилення фундаментальної складової навчання інформатики у вищому навчальному закладі за рахунок вивчення її теоретичних основ і математики. В статті аналізуються і узагальнюються поняття математичної інформатики та комп'ютерної математики як окремих дисциплін, що виникають у процесі міжпредметної інтеграції математики та інформатики. Математична інформатика – це фундаментальна природничо-наукова частина інформатики, де вивчаються математичні об'єкти і поняття, що відносяться до основ інформатики. В процесі навчання математичної інформатики необхідно розглянути: які досягнення математики вплинули на розвиток інформатики, і які задачі інформатики дали поштовх до появи ідей та методів досліджень у математиці, яким чином вплив цих наук продовжується дотепер. Комп'ютерна математика розглядається як сукупність теоретичних, алгоритмічних, апаратних, програмних засобів, призначених для розв'язування математичних задач з високою мірою візуалізації всіх етапів обчислень. У статті описані важливі методичні та професійні можливості використання комп'ютерних математичних пакетів, виокремлюються основні напрями впливу використання інформаційно-комунікаційних технологій математичного призначення на навчальний процес.

Ключові слова: міжпредметна інтеграція, математична інформатика, комп'ютерна математика, фундаменталізація навчання.

Статья посвящается вопросам межпредметной интеграции математики и информатики в высшем образовании. Информатика рассматривается как фундаментальная научная дисциплина и комплексное научное направление, которое имеет интердисциплинарный характер. Обращается внимание на укрепление фундаментальной составляющей обучения информатики в высшем учебном заведении за счет изучения ее теоретических основ и математики. В статье анализируются и обобщаются понятия математической информатики и компьютерной математики как отдельных дисциплин, которые появляются в процессе межпредметной интеграции математики и информатики.

Ключевые слова: межпредметная интеграция, математическая информатика, компьютерная математика, фундаментализация обучения.

The article deals with the problem of interdisciplinary integration of computer science and mathematics in higher education. The basic principles of determining of the teaching content of computer science disciplines in rapidly changeable conditions are given in the article. Informatics is considered as a fundamental scientific discipline and a complex scientific direction, which has the interdisciplinary features. The article notes about strengthening of the fundamental component of teaching computer science at a higher educational institution through the study of its theoretical foundations and mathematics. The article analyzes and generalizes concepts of mathematical informatics and computer mathematics as separate disciplines that appear in interdisciplinary integration of mathematics and computer science. Mathematical informatics is a fundamental natural science part of computer science; it studies mathematical objects and concepts related to the basics of informatics. In teaching mathematical informatics it is necessary to consider: what achievements in mathematics influenced on the development of computer science, what tasks of informatics gave

impetus to the emergence of ideas and methods of research in mathematics, how the influence of these sciences continues in our days. Computer mathematics is considered as a set of theoretical, algorithmic, hardware, software tools designed to solve mathematical problems with a high degree of visualization of all stages of computations. The article describes the important methodological and professional possibilities of using computer mathematical packages, outlines the main directions of the influence of the usage of information and communication technologies of mathematical purpose in education.

Key words: interdisciplinary integration, mathematical informatics, computer mathematics, fundamentalizing learning.

Інформатика як галузь наукового пізнання і практичної діяльності людини стрімко розвивається і розширюється. А зміст інформатичної освіти повинен бути релевантним та зберігати сучасність і актуальність. Більше того, через зростання кількості різних напрямів у комп'ютерних науках і посилення інтеграції інформатики з іншими дисциплінами виникають додаткові труднощі у вирішенні цієї проблеми.

У документі міжнародних програмних нормативів "Computer Science: Curricula 2013" [15], який створений спільними зусиллями провідних товариств комп'ютерингу – ACM та IEEE-CS, зазначається, що для комп'ютерної галузі характерним є дуже швидкий темп змін. Тому випускники вищих навчальних закладів повинні володіти глибокими фундаментальними знаннями, що сприятиме і допомагатиме формуванню нових необхідних умінь та навичок в міру того, як розвивається галузь. Для цього в "Computer Science – 2013" наведені основні принципи визначення змісту навчання для інформатичних дисциплін:

1. Забезпечення можливості студентам працювати в багатьох галузях людської діяльності. Студенти в галузі комп'ютерних наук повинні розвивати здатності до роботи в різних галузях діяльності.

2. В змісті навчання має бути закладена ясність реалізації цілей, але в той самий час має забезпечуватися гнучкість, яка необхідна для того, щоб швидко реагувати на зміни в галузі.

3. В процесі навчання у вищому навчальному закладі необхідно готувати студентів до неперервного навчання протягом життя. Потрібно ознайомлювати студентів з джерелами інформаційних ресурсів та стратегіями оновлення своїх знань.

4. Студенти повинні вивчати і теорію, і практику, усвідомлювати важливість абстрактних понять і знатися на цінностях досконалої інженерної розробки.

5. В змісті навчання повинні допускатися навчальні проекти, які є інноваційними і в яких відстежуються останні зміни в цій галузі.

6. Навчати студентів на творчих задачах та вправах, розв'язування яких розвиває їхню ініціативність, незалежність мислення, організаційні, проєктивні та комунікативні уміння, уміння працювати в колективі.

В якості фундаментальних концепцій інформатики в "Computer Science–2013" визначаються спільні ідеї, які незалежні від виробників програмного забезпечення, конкретних програмних пакетів та вмінь вузької спеціалізації.

Описані концепції та принципи навчання необхідно мати на увазі і в процесі визначення змісту навчання дисциплін, які виникають у результаті міжпредметної інтеграції математики та інформатики.

В 80-х рр. як природничо-наукову дисципліну інформатику визначили А. П. Єршов, Є. П. Велихов, В. М. Глушков, М. М. Моїсєєв, Б. М. Наумов та ін.

Зародившись в надрах науки про управління – кібернетики, швидко розширюється предметне поле інформатики. З технічної дисципліни про методи і засоби опрацювання даних за допомогою обчислювальної техніки інформатика перетворюється в фундаментальну науку про інформаційні процеси не тільки в технічних системах, але і в природі та суспільстві [8, с. 15].

В сучасному розумінні інформатика – фундаментальна наукова дисципліна, об'єктом якої є інформаційні процеси в оточуючому світі, предметом – математичні структури, за допомогою яких моделюються інформаційні процеси, та комп'ютерні

інформаційні моделі, в яких відображаються математичні структури на архітектуру обчислювальних систем. Методологією інформатики є обчислювальний експеримент [8]. Інформатика має вивчати закони природи, інформаційні процеси і відповідні технології [6].

Інформатика – одна з фундаментальних галузей наукового знання, де вивчаються інформаційні процеси, методи і засоби одержання, перетворення, передавання, зберігання, подання і використання різноманітних повідомлень, що стрімко розвивається і розширюється як галузь практичної діяльності людей, пов'язана з використанням інформаційних технологій [8, с.24].

Поглибити теоретичну підготовку з інформатики, зробити її справді фундаментальною дисципліною значною мірою можна за рахунок вивчення її теоретичних основ, вважають М. І. Жалдак [6], Ю. В. Горошко [4], Ю. С. Рамський [12], С. О. Семеріков [13], Т. П. Кобильник [7] та ін. Вивчення математики, яка є фундаментом теоретичних основ інформатики і становить її загальноосвітнє ядро, повинно займати важливе місце в профільній підготовці студентів фізико-математичних та інформатичних спеціальностей, у формуванні важливих компонентів їхньої інформатичної культури. Головне в процесі навчання інформатики – засвоїти фундаментальні поняття кожної з її галузей, орієнтуватися в їх взаємозв'язках, набути навичок практичної роботи з найважливішими технічними і програмними засобами [12].

В. М. Глушков [3] розглядає основні розділи теоретичної інформатики на основі фундаментальних математичних відомостей: основні поняття про інформатичні матеріали та їх опрацювання; програмування і управління обчислювальним процесом; бази даних; математичні методи оптимізації; автоматизація інформаційних технологій; штучний інтелект.

Автори [5] розглядають фундаментальні математичні положення, що лежать в основі теоретичної інформатики і є необхідною математичною основою для фахівця в галузі комп'ютерних наук: рекурсивні задачі, обчислення сум, цілочисельні функції, теорія чисел, біноміальні коефіцієнти, спеціальні числа, обчислювальні функції, дискретна ймовірність, асимптотика.

Таким чином, одним із шляхів фундаменталізації інформатичної освіти є посилення її математичної складової.

Експансія інформаційно-комунікаційних технологій супроводжується активізацією інтеграційних процесів в науці і освіті, синтезом наукових знань, перенесенням методів дослідження з одних наукових галузей в інші. М. П. Лапчик [9] зазначає, що математика та інформатика зберігають єдність як найважливіші компоненти розвитку фундаментального ядра наукового пізнання. Єдність математики і комп'ютерних наук демонструється з часу появи перших ЕОМ, за рахунок чого було створено умови для інтенсифікації застосування наукових знань у всіх сферах людської діяльності, в тому числі і в самій математиці. Посилення взаємозв'язків між математикою та інформатикою, коли в навчанні математики використовуються інформаційні технології, а в навчанні інформатики розглядаються приклади математичних моделей, викликає необхідність інтеграції цих дисциплін за умови збереження теоретичної і практичної цілісності кожної з них [9, с. 3].

На перетині двох взаємопов'язаних наукових галузей – математики та інформатики – утворюються два інтегрованих компоненти, які формуються на різних основах: інформатична математика і математична інформатика. Не дивлячись на єдність та інтегративні процеси, які пронизують математику та інформатику, зона перетину цих галузей в структурі наукового пізнання містить два незалежні компоненти, причому цільовою основою для розвитку і самовизначення одного з них є математика, а іншого – інформатика. Математична інформатика – це фундаментальна природничо-наукова частина інформатики, де вивчаються математичні об'єкти і поняття, що відносяться до основ інформатики [9].

В [13] уточнюється, що в фундаментальній природничо-науковій частині інформатики будуються теоретичні моделі опрацювання, зберігання, подання, передавання даних. За своїми об'єктами, поняттями, методами – це галузь математики. Предметом її вивчення є скінченні (конструктивні) об'єкти та алгоритмічно описані (конструктивні) процеси, що відбуваються в середовищі цих об'єктів. Зазначену частину називають математичною інформатикою.

Також інформатика розглядається як особлива інтегративна дисципліна. Навколо інформатики формується цілий комплекс нових напрямів наукових досліджень, які знаходяться на межі інформатики з іншими науками. Інформатика є комплексним науковим напрямом, який має міждисциплінарний характер. Її розвиток сприяє розвитку ряду інших наукових напрямів і тим самим інформатика виконує інтегративну функцію в системі наук [8, с.16].

Інформатика стосується багатьох сфер людської діяльності. Прикладна інформатика спрямована на створення різноманітних інформаційно-комунікаційних технологій. Прикладними є математична інформатика, хімічна інформатика, педагогічна інформатика, економічна інформатика, соціальна інформатика, геоінформатика, медична інформатика та ін.

Термін "математична інформатика" пропонується розуміти [10] аналогічно до термінів "математична кібернетика", "математична лінгвістика", "математична статистика" тощо.

Т. П. Кобильник [7] розглядає математичну інформатику з двох сторін. З одного боку, математична інформатика є частиною теоретичної інформатики, де використовуються математичні моделі і засоби для моделювання та дослідження інформаційних процесів. З іншого боку, математичну інформатику можна розглядати і як напрям у прикладній чи практичній інформатиці, і термін "математична інформатика" означати аналогічно до термінів, наприклад, "соціальна інформатика" чи "педагогічна інформатика". Згідно такого підходу, математична інформатика – це галузь інформатики, де вивчаються впровадження та використання сучасних інформаційних технологій, зокрема систем комп'ютерної математики, в процесі розв'язування математичних задач.

Тому в процесі навчання математичної інформатики необхідно сформулювати основні поняття про сучасні методи побудови та аналізу алгоритмів, ознайомити з основними алгоритмами, які використовуються в процесі створення програмного забезпечення для розв'язування математичних задач, а також сформулювати знання і уміння щодо використання інформаційних технологій математичного призначення до аналізу математичних моделей процесів та явищ з найрізноманітніших галузей знань і діяльності людей.

Математична інформатика – це навчальна дисципліна, де вивчаються основні алгоритми розв'язування типових інтелектуальних задач та використовуються інформаційні, зокрема математичні, моделі та інформаційні технології для їх дослідження [7].

Під час навчання математичної інформатики необхідно показати, як математичні теорії використовуються в інформатиці, які досягнення математики вплинули на розвиток інформатики з одного боку, а з іншого боку, які задачі інформатики дали поштовх до появи нових ідей і методів досліджень в математиці, яким чином взаємовплив цих двох наук продовжується дотепер.

Математична інформатика виокремлюється в навчальну дисципліну, мета навчання якої – поглибити математичні знання, розвивати вміння застосовувати їх до вивчення інформаційних моделей різноманітних процесів і явищ, дати поняття про методи програмування та формувати навички роботи з програмами математичного призначення для розв'язування практичних задач.

На межі інтеграції математики та інформатики також виникає поняття комп'ютерної математики, яку визначають як сукупність теоретичних, алгоритмічних, апаратних і програмних засобів, призначених для ефективного розв'язування за допомогою комп'ютера всіх видів математичних задач з високою мірою візуалізації всіх етапів обчислень.

Ю. В. Триус зазначає: комп'ютерна математика – це перш за все синтетична назва для цілої серії математичних систем, в котрих акумульовані багатовікові знання людства в галузі математичних методів обчислень і розрахунків, що виконуються як у чисельній, так і в аналітичній та в графічній формах. Використання таких систем значно підвищує масовому користувачеві можливості та результативність його навчально-пізнавальної, наукової, педагогічної або іншої творчої діяльності [14, с. 35].

Значення автоматизації не тільки чисельних, а й аналітичних обчислень розумів академік В. М. Глушков ще на початку 60-х рр. XX ст. Під його керівництвом у

Києві були створені перші ЕОМ, передвісники майбутніх персональних комп'ютерів, серії "MIP" (Машины для Инженерных Розрахунків) з апаратною реалізацією мов програмування високого рівня та унікальними можливостями виконання чисельних і аналітичних розрахунків.

Універсальними програмними засобами, за допомогою яких можна здійснювати побудову і дослідження математичних моделей, чисельний аналіз, візуалізацію одержаних результатів, вставляння текстових коментарів, публікацію результатів досліджень у мережі Інтернет та багато іншого є системи символної (комп'ютерної) математики або прикладні комп'ютерні математичні пакети. Системи комп'ютерної математики (СКМ) – це комплекси програмних засобів, за допомогою яких можна автоматизувати виконання як чисельних, так і аналітичних та графічних операцій і перетворень. Серед найбільш популярних СКМ в даний час є програми Maple, Mathlab, Mathematica, Maxima, Sage та ін. Вони є потужними засобами діяльності як професійних математиків, так і тих, хто використовує математику для побудови й дослідження математичних моделей у різних предметних галузях.

Використання сучасного прикладного математичного забезпечення дає можливість доповнювати традиційні геометричні і механічні моделі динамічними кольоровими анімаціями, комбінувати аналітичні, геометричні і комп'ютерні методи розв'язування задач [2]. Використання сучасних СКМ, що призначені для реалізації різноманітних обчислювальних методів, виконання аналітичних перетворень, у які вбудовані спеціальні мови програмування високого рівня, дозволяє одержувати тривимірні моделі з довільним рівнем умовності і наочності, забезпечити високий рівень реалістичності зображення, за рахунок чого можна з великою вірогідністю проаналізувати властивості об'єкта, що досліджується. Застосування СКМ у процесі навчання дає можливість більше уваги звертати, наприклад, на фізичний, геометричний, економічний зміст операцій граничного переходу, диференціювання, інтегрування [1].

До позитивних навчальних і виховних результатів вивчення і використання систем комп'ютерної математики в навчальному процесі можна віднести: розвиток мисленнєвих процесів; поглиблення знань з предмету, передусім теоретичних основ, що забезпечує свідоме їх використання і розширює коло задач, доступних для практичного розв'язування; формування математичних та інформатичних компетентностей; формування і розвиток умінь створювати математичні і комп'ютерні моделі та проводити обчислювальний експеримент; розширення можливостей наукової творчості; зацікавленість студентів у кінцевому результаті своєї роботи, відповідальне відношення до конкретних етапів діяльності.

Системи комп'ютерної математики є невід'ємним компонентом комп'ютерно-орієнтованих методичних систем навчання. Найбільш важливими методичними і професійними можливостями використання математичних пакетів є: ілюстрація результатів математичного моделювання та дослідження побудованої моделі; точне та якісне графічне відображення аналітично одержаних результатів; унаочнення подання найбільш складних тем курсу; створення електронних навчальних матеріалів, посібників. Це відповідає ідеям інформатизації навчального процесу і забезпечує можливості удосконалення вищої освіти [11, с.103].

Як зазначає Ю. С. Рамський [12], актуальними залишаються і сьогодні визначені академіком А. П. Єршовим основні напрями впливу інформатизації навчального процесу (впровадження інформатики та інформаційних технологій) на математичну освіту, серед яких виокремлюють такі:

1. Значне розширення математичної практики на основі застосування комп'ютерів, побудови інформаційних моделей різноманітних процесів та явищ. Побудова знакових систем, схематизація конкретних об'єктів шляхом визначення їх властивостей, атрибутів і відношень, побудова моделей, дедукція, редукція і рекурсивне мислення, розгляд і підтримка рівнів абстракції, прогнозування подій, аналіз законів і правил, нарешті, конструювання великої кількості алгоритмів і їх оцінювання – все це стає засобом інтелектуальної діяльності, основою інформатичної культури.

2. Зміна номенклатури математичних знань. За допомогою комп'ютера імітують людську поведінку. Через програмування і побудову інформаційних моде-

лей у змістову частину математики входять абстракції людської діяльності, властивості штучних і живих (біологічних, соціотехнічних) систем. З'являються нові прийоми математичної роботи, наприклад, автоматичне доведення теорем.

3. Системна роль математичної теорії. Поняття теорії зародилося в математиці. З іншого боку, в інформатиці є важливе поняття обстановки. Обстановка – це втілена в комп'ютері замкнута модель світу, в якій доводиться "діяти запрограмованому виконавцю". Оскільки всі наслідки "поведінки виконавця" повинні бути заздалегідь передбачені, то на практиці необхідно володіти повним знанням обстановки й усвідомлювати межі цих знань у реальному світі. Всі ці знання повинні передувати конструюванню.

4. Обчислювальний експеримент з математичною моделлю. В інженерній практиці роль обчислювального експерименту загальновідома, а в педагогічній практиці підтверджують його роль як нового методу пізнавальної діяльності. Обчислювальний експеримент часто стає джерелом математичних відкриттів.

5. Візуалізація абстракцій. Візуальне сприйняття людини відіграє величезну роль, воно дає змогу робити відкриття. За допомогою комп'ютера вдається синтезувати зображення, що сприяє людській проникливості. Комп'ютерна графіка – це образи, породжені на основі абстрактних знань, які "оживляються", анімуються за допомогою комп'ютера завдяки зусиллям вченого і програміста. Візуалізуючи різноманітні абстракції, слід пам'ятати (це особливо важливо на освітньому рівні) й про відмінності між абстрактним математичним об'єктом і його візуальною моделлю.

6. Динамізація математичних об'єктів. Математика – це наука про інваріанти. Пізнати природу інваріанта можна, якщо усвідомити діалектику сталості й мінливості параметрів цього інваріанта. Побачити в константі всі прояви реального життя, описаного законом, значить зрозуміти закон і навчитися його застосовувати. Використання комп'ютера з його засобами візуалізації й обчислень дає змогу спостерігачеві на основі статичних математичних співвідношень отримати всеможливі траєкторії розвитку динамічного процесу як в часі, так і в просторі, збагачуючи тим самим досвід спостерігача, його інтуїцію й здатність до прогнозування. Все це наближає навчальний процес до дослідження і експерименту.

7. Становлення структур із хаосу. Це різноманітні конструкції, які виникають у результаті ітеративного застосування деяких нелінійних операторів до випадкових вхідних даних чи попутних параметрів. Тут формується цілком новий і виключно потужний канал для поширення математичного пізнання на величезний клас природних явищ: формування берегової лінії, гірські ландшафти, малюнки полярних сьайв, формування у рослин, розвиток конфліктів і виникнення криз. Аналіз матеріалів, що пов'язані з теорією фракталів, синергетикою і математикою нелінійного, дає змогу зробити висновок про принципове значення обчислювального експерименту як пізнавального інструменту.

8. Пробудження початкового інтересу. Динамічний, наочний, "слухняний" і симулюючий стиль "поведінки" комп'ютера у поєднанні з його універсальністю роблять його ідеальним інструментом для пробудження інтересу до математики (як і до інших предметів), до її простоти, несподіваності, прогнозуючої сили і чарівного зв'язку з усім оточуючим.

Отже, підготовка студентів фізико-математичних та інформатичних спеціальностей з поглибленням фундаментальної складової навчання інформатики і вивченням прикладних математичних пакетів як засобів дослідницької діяльності набуває особливого значення. Розробка методики навчання дисциплін, що виникають у процесі міжпредметної інтеграції математики та інформатики, зокрема математичної інформатики та комп'ютерної математики, спрямованого на розвиток дослідницьких компетентностей студентів, є актуальним завданням для подальших досліджень.

Література

1. Бугаєць Н. О. Засоби програми Махіта для створення графічних зображень та математичних досліджень / Н. О. Бугаєць // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. Серія № 2. "Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання". – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова. – 2015. – № 15 (22). – С. 105–114.

2. Бугаєць Н. О. Моделювання анімаційних наочностей засобами графічного середовища програми Maxima [Електронний ресурс] / Н. О. Бугаєць // Інформаційні технології і засоби навчання – 2015. – Том 47, № 3. – С. 67–79. – Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itit/article/view/1244>. – Назва з екрана.
3. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики / В. М. Глушков. – 2-е изд. испр. – М. : Наука, 1987. – 552 с.
4. Горошко Ю. В. Система інформаційного моделювання у підготовці майбутніх вчителів математики та інформатики : дис. ... докт. пед. наук : спец. 13.00.02 / Горошко Ю. В. – Київ, НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2013. – 470 с.
5. Грэхем Р. Конкретная математика. Основание информатики / Р. Грэхем, Д. Кнут, О. Паташник. – М. : Мир, 1998. – 703 с.
6. Жалдак М. І. Інформатика – фундаментальна наукова дисципліна. Вона має вивчати закони природи, інформаційні процеси і відповідні технології / М. І. Жалдак // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2010. – № 1. – С. 49–54.
7. Кобильник Т. П. Методична система навчання математичної інформатики у педагогічному університеті : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / Кобильник Тарас Петрович. – Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2009. – 279 с.
8. Колин К. К. Фундаментальные основы информатики: Социальная информатика : учебное пособие для вузов / К. К. Колин. – М. : Академический Проект ; Екатеринбург : Деловая книга, 2000. – 350 с.
9. Лапчик М. П. Информатическая математика или математическая информатика / М. П. Лапчик // Информатика и образование. – 2008. – № 7. – С. 3–7.
10. Перязев Н. А. Преподавание математической информатики [Електронний ресурс] / Н. А. Перязев, Ю. В. Перязева. – Режим доступа: www.ict.edu.ru/vconf/files/3207.rtf. – Назва з екрана.
11. Раков С. А. Формування математичних компетентностей учителя математики на основі дослідницького підходу у навчанні з використанням інформаційних технологій: дис. ... докт. пед. наук : спец. 13.00.02 / Раков Сергій Анаталійович. – Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2005. – 489 с.
12. Рамський Ю. С. Роль математики і деякі тенденції розвитку математичної освіти в інформаційному суспільстві // Проблеми фізико-математичної освіти в контексті євроінтеграції : збірник наукових праць / Ю. С. Рамський. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2006. – С. 359–366.
13. Семеріков С. О. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі : монографія / науковий редактор академік АПН України, д. пед. н., проф. М. І. Жалдак. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2009. – 340 с.
14. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін у вищих навчальних закладах : дис. ... докт. пед. наук : спец. 13.00.02 / Триус Юрій Васильович. – Київ : Національний педагогічний університет ім. М. П. Драгоманова, 2005. – 649 с.
15. Computer Science: Curricula 2013. Ironman Draft (Version 0.8). November 2012. The Joint Task Force on Computing Curricula Association for Computing Machinery, IEEE-Computer Society.