

УДК 378.018.43:004

Величко В.Є., Федоренко О.Г.¹ канд. фіз-мат наук, докт. пед наук, професор кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»e-mail: velichko@ddpu.edu.ua, ORCID 0000-0001-9752-0907² кандидат пед наук, доцент кафедри математики та інформатики, ДВНЗ «ДДПУ»e-mail: fedorenko.elena1209@gmail.com, ORCID 0000-0002-1897-874X

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ ДО ВИКЛАДАННЯ ЗМІСТОВОЇ ЛІНІЇ «МОДЕЛЮВАННЯ» ЗАСОБАМИ PYTHON

Моделювання є складною і водночас корисною діяльністю. Комп'ютерні науки накопили значний потенціал теоретичних та методичних наробок в цій галузі, а засоби реалізації моделей надають можливість обраховувати великі об'єми даних. Підготовка майбутніх учителів інформатики до викладання змістової лінії «Моделювання» в курсі середньої школи складний процес, що спирається на теоретичні основи моделювання, наявну практику створення моделей та сформоване бачення ролі моделювання у формуванні світогляду учнів. В освітній програмі «Середня освіта (Інформатика)» освітній компонент «Програмування» має фундаментальне значення. Відповідно до цієї ролі одним із завдань курсу є формування навичок створення та застосування моделей. В статті розглядаються приклади практичної направленості розв'язування яких надає можливість розширити уявлення майбутніх учителів інформатики про моделі, способи та методи їх побудови.

Ключові слова: моделювання, комп'ютерна модель, підготовка вчителів, Python

Вступ

Постановка проблеми. Фахівці з нейропедагогіки стверджують, що «мозок оброблює частини і ціле одночасно» [1]. Саме це дає можливість розглядати моделювання як суттєвий інструмент створення нових знань та отримання досвіду. Таким методом гарно організований процес навчання через моделювання демонструє деталі і ідеї, що лежать в основі досліджуваних явищ та процесів. Створення та дослідження імітаційної моделі надає можливість спостерігати результати і формувати висновки з дослідження.

Andrew S. Gibbons [2] виділив такі основоположні принципи застосування моделювання в навчанні стосовно тих, хто навчається:

- отримують досвід шляхом взаємодії з моделями;
- вирішують наукові та інженерні проблеми шляхом експериментів з моделлю;
- розглядають і ставлять проблем;
- визначають конкретні навчальні цілі;
- подають всю необхідну інформацію в контексті рішення.

Створення моделей неможливо без застосування математики. З іншої точки зору у багатьох національних освітніх програмах компетентність моделювання відіграє вирішальну роль, вказуючи на те, що важливість математичного моделювання визнається на широкому міжнародному рівні. Однак, поза цим консенсусом щодо актуальності моделювання, все ще залишається спірним питанням про те, як інтегрувати математичне моделювання в процеси викладання та навчання. Gabriele Kaiser вважає, що сприяння моделюванню компетенцій, тобто компетенцій для вирішення реальних проблем за допомогою математики, визнається центральною метою математичної освіти у всьому світі, особливо якщо математична освіта спрямована на сприяння відповідальному громадянству [3]. Сучасний вичерпний огляд результатів досліджень у галузі математичного моделювання, виклад освітніх цілей, що пов'язані з моделюванням, основних компонентів компетентності моделювання, широке обговорення дидактичних проблем у моделювання та представницька кількість найкращих практик моделювання представлена у дослідженні Mogens Niss та Werner Blum [4].

Метою статті є розкриття основних шляхів підготовки майбутніх учителів інформатики до викладання змістової лінії «Моделювання» в навчальному предметі «Інформатика».

Основна частина

Аналіз підходів до викладання математичного та комп'ютерного моделювання, а саме: інтеграція модельних завдань, натуралістичний кейс, використання рольових ігор, можливості STEM-навчання, мотивація та позитивне ставлення до навчання моделюванню тощо представлено в дослідженні Nadiia Balyuk та інші [5] Результати досліджень проілюстровано на прикладі реалізації проекту для вивчення динаміки популяції виноградного равлика *Helix pomatia*. Реалізація проекту розбивається на кілька етапів: формулювання проблеми, презентація проектних завдань, мозковий штурм, розробка, тестування, презентація результатів.

Історичний огляд від перших моделей симуляції, що базуються за законами біології, до сучасного стану дослідження наведено в добірці Igor Santry [12]. Системи що розвиваються і конкурують між собою у віртуальному світі є чудовим прикладом створення штучного інтелекту. Основний вектор розробок в цій галузі в останні роки змістився з імітації еволюційних процесів з нуля на розробку детальних цифрових копій багатоклітинних біологічних істот. Поки, найпростіших – черв'яків-нематод. Однак, дослідники з Human Brain Project [13], що об'єднав 135 наукових центрів в 26 країнах Євросоюзу вже націлилися до 2023 року відтворити мозок людини з усіма 90 мільярдами нейронів аж до окремих іонних каналів. Корисним для нашого дослідження є ґрунтовний огляд симуляцій еволюцій (emergence evolution) опублікований Ilya Sheprut [14]. Даний документ

систематизує цікаву інформації по темам: симуляція еволюції, штучна життя, нейронні мережі, клітинні автомати, штучний інтелект.

Моделюванню притаманна властивість використовувати його в будь-яких галузях знань особливо якщо неможливо досліджувати явище через брак часу, обмеженість у доступності або небезпечність у проведенні. Саме ця перевага моделювання сприяла його застосуванню у фізиці. Jannis Weber та Thomas Wilhelm наводять історичний огляд переваги обчислювального моделювання у вивченні фізиці. Автори стверджують, що обчислювальне моделювання є не лише важливим елементом наукових досліджень, воно також має багату історію в галузі фізичної освіти, і його застосування в навчальній діяльності сильно змінилося за останні кілька десятиліть [6]. Проведений авторами огляд досліджень у цій галузі показав, що відомо про вплив обчислювального моделювання на концептуальне розуміння студентів, системне мислення, погляди на природу науки та інтерес до фізики.

Ніна Головіна, Микола Головін та Анатолій Федонюк розглядають приклади симуляції фізичних процесів з візуалізацією отриманих результатів засобами Visual Python [7]. Автори зазначають, що при вдалому поєднанні вивчення фізики, інформатики та математики модельний підхід допомагає глибше розуміти суть фізичних процесів. Цей підхід сприяє взаємопоглибленню в кожній зі згаданих дисциплін, а також сприяє цілісному баченню фізики, математики та інформатики, як однієї тісно зв'язаної структури знань, в якій кожна з компонентів несе своє змістовне навантаження. З педагогічної точки зору, на думку авторів, інтегрований модельний підхід може стимулювати учня відразу до вивчення декількох важливих природничих дисциплін. Одним з важливих аспектів модельного підходу в навчанні є потужний вплив на учня в сенсі формування причинно-наслідкового, абстрактно-логічного, матеріалістичного мислення.

Необхідно згадати чудові симуляції з астрономії, що виконав та опублікував авторський колектив у складі Олена Ліннік, Наталя Моїсеєнко, Володимир Євтеєв, Ілля Теплицький та Сергій Семеріков [8]. Автори під час вивчення структури та змісту курсу об'єктно-орієнтованого програмування для майбутніх учителів фізики та астрономії пропонують створювати готові симуляції з астрономії. Завдяки застосуванню бібліотеки VPython дослідники не тільки вивчають об'єктно-орієнтований підхід у програмуванні, а формують у майбутніх учителів фізики та астрономії навичок моделювання фізичних процесів та застосуванню моделювання у викладанні фізики.

Вирішення задачі моделювання прогнозу погоди стояла ще для першого програмованого комп'ютера ENIAC [9]. На сьогодні це задача не втратила своєї актуальності, про що свідчить дослідження Laura Mansfield [10]. Для практичного використання пропонується бібліотека мовою Python – Climate Modelling and Diagnostics Toolkit (ClimT). Вона забезпечує модульний та інтуїтивний підхід до написання числових моделей

кліматичної системи. ClimaT надає найсучасніші компоненти та простий у використанні інтерфейс, що дозволяє створювати моделі для досліджень.

Не менш важливим є застосування моделювання у економічній сфері. Chris Moffitt пропонує застосувати відомий метод Монте-Карло «to predict the range of potential values for a sales compensation budget» [11]. Автор пропонує залучати бібліотеки pandas та NumPy мови програмування Python та стверджує, що запропонований метод може бути застосовано для моделювання інших задач різних класів. Згадана бібліотека NumPy використовується в багатьох дослідженнях економічних задач разом з бібліотекою SciPy.

SciPy це відкрита бібліотека високоякісних наукових інструментів для мови програмування Python. Бібліотека містить модулі для оптимізації, інтегрування, спеціальних функцій, обробки сигналів, обробки зображень, генетичних алгоритмів, розв'язування звичайних диференціальних рівнянь та інших задач, які розв'язуються в науці і при інженерній розробці. Вона розробляється для тієї ж аудиторії, що і MATLAB та Scilab. Для візуалізації при використанні SciPy часто застосовують бібліотеку Matplotlib, яка є аналогом засобів виводу графіки MATLAB.

Підсумовуючи на даному етапі можемо сказати, що моделювання не тільки корисний напрямок комп'ютерних наук, що доволі швидко розвивається, а й затребувана компетентність майбутніх учителів. Володіння навичками моделювання надає можливість досягти у наших учнів абстрактність мислення, пошукову та практичну направленість навчання, розширення уявлення про цілісність світу. Саме тому, підготовка майбутніх учителів, зокрема і майбутніх учителів інформатики, до застосування моделювання є актуальною задачею професійної підготовки.

В освітній діяльності моделювання застосовується і як об'єкт і як предмет і як засіб [15, 16, 17]. Серед різновиду видів моделювання майбутні учителі інформатики будуть стикатись з наступними видами моделювання [18]:

- структурно-функціональне (моделями є схеми, блок-схеми, графіки, креслення, діаграми, таблиці, малюнки доповнені спеціальними правилами їх об'єднання та перетворення);
- математичне (моделювання, включаючи побудову моделі, здійснюється засобами математики);
- імітаційне (математична модель досліджуваного об'єкта являє собою алгоритм функціонування об'єкта, реалізований у вигляді програмного комплексу для обчислювальної системи).

Необхідно зазначити, що перераховані види моделювання не є взаємовиключними і можуть застосовуватись при дослідженні складних об'єктів або одночасно, або в деякій комбінації. Імітаційні моделі використовуються для кількісного передбачення властивостей об'єктів,

оскільки засновані на відображенні тих властивостей, що були обрані дослідником інтуїтивно. Найбільш загальний підхід до побудови таких моделей ґрунтується на принципі декомпозиції, що призводить до розгляду підсистем об'єкта і відповідно його реалізація відбувається за модульним принципом. Кожен модуль пакету прикладних програм реалізує певну підсистему об'єкта.

Змістова лінія моделювання в курсі інформатика середньої школи поруч з лінією інформації і інформаційних процесів відноситься до теоретичних основ курсу. Разом з тим не слід вважати, що тема моделювання носить лише теоретичний характер і відокремлена від всіх інших тем. Головна мета вивчення поняття моделі пов'язана з подальшим розглядом основних етапів розв'язування задач за допомогою комп'ютера.

Доцільно відмітити, що формування в учнів правильного розуміння змісту станів розв'язування задач та порядку їх слідування – одна з важливих цілей вивчення курсу інформатики, яка досягається поступово, за мірою вивчення учнями всього навчального матеріалу.

Методика інформаційного моделювання пов'язана з питаннями системології, системного аналізу. Ступінь глибини вивчення цих питань суттєво залежить від рівня підготовленості учнів. Учні, особливо середніх класів (базова школа), ще важко сприймають абстрактні, узагальнені поняття. Тому розкриття таких питань повинно спиратися на прості, доступні учням приклади.

Підготовка майбутніх учителів інформатики до викладання цієї змістової лінії повинна базуватись на чіткому розумінні етапів моделювання, до яких відносять:

- *Постановка завдання, визначення об'єкта моделювання.* На даному етапі відбувається збір інформації, формулювання питання, визначення форми представлення результатів, опис даних. Важливим моментом є визначення мети моделювання. Від вибраної мети залежить, які характеристики досліджуваного об'єкта вважати суттєвими, а якими можна знехтувати. Постановка задачі вимагає чіткого виділення початкових даних і необхідних результатів, при цьому встановлюються обмеження на допустимі значення величин, застосованих у задачі.
- *Аналіз і дослідження системи.* На даному етапі відбувається аналіз системи, змістовний опис об'єкта, розробка інформаційної моделі, розробка структур даних, розробка математичної моделі. На цьому етапі визначаються параметри моделі, суттєві для даної задачі, та математичні співвідношення між ними. Для задач, у яких потрібно розрахувати значення параметрів об'єкта, необхідно скласти математичну модель.
- *Формалізація, тобто перехід до конкретної розрахункової моделі, створення алгоритму.* Необхідно вибрати метод розв'язування задачі,

- що визначає послідовність арифметичних і логічних операцій. Вибір методу зумовлений аналізом початкових даних. У прикладних задачах знаходження точного розв'язку зазвичай є неможливим або надто складним. Для таких задач розроблено методи наближених обчислень.
- *Програмування.* На даному етапі відбувається вибір мови програмування або прикладного середовища для моделювання, уточнення способів організації даних, запис алгоритму обраною мовою програмування або в прикладному середовищі. Кожне програмне середовище має свій інструментарій і дозволяє працювати з певними видами інформаційних моделей. У середовищі програмування можна створити програму для реалізації математичної моделі. Також, використовуючи графічні засоби мови, можна створити графічну або імітаційну модель.
 - *Проведення серії обчислювальних експериментів.* На даному етапі відбувається налагодження синтаксису, семантики і логічної структури, тестові розрахунки та аналіз результатів тестування, доробка програми. Після створення моделі потрібно здійснити перевірку правильності моделі за допомогою тестів і виправити виявлені помилки.
 - *Аналіз і інтерпретація результатів.* На даному етапі відбувається доробка програми або моделі в разі потреби. Після успішного тестування моделі можна переходити безпосередньо до проведення дослідження. Експеримент повинен супроводжуватися аналізом результатів для прийняття рішення.

Практичне засвоєння теоретичних знань найкраще виконувати на простих і зрозумілих прикладах. Розглянемо деякі з задач, що пропонуються студентам освітньої програми «Середня освіта (Інформатика)» в освітньому компоненті «Програмування» фізико-математичного факультету Донбаського державного педагогічного університету. Перша задача має таке формулювання: «*У приміщенні є лампи потужності w_1 , w_2 та w_3 ват, що світять по t_1 , t_2 та t_3 годин щодоби. Їх замінили енергозберігальними лампами потужності v_1 , v_2 та v_3 ват відповідно. Якщо нові лампи коштують c_1 , c_2 та c_3 умовних одиниць, то через скільки діб почнеться економія на оплаті електроенергії при вартості електроенергії se умовних одиниць?»». Одним із варіантів розв'язування задачі є побудова функціональної залежності вартості від часу. Передбачається, що ці залежності мають різний коефіцієнт зростання, а тому можуть мати спільну точку, що і призведе до отримання результату. Такий варіант моделі можна реалізувати мовою програмування Python (див рис.1).*

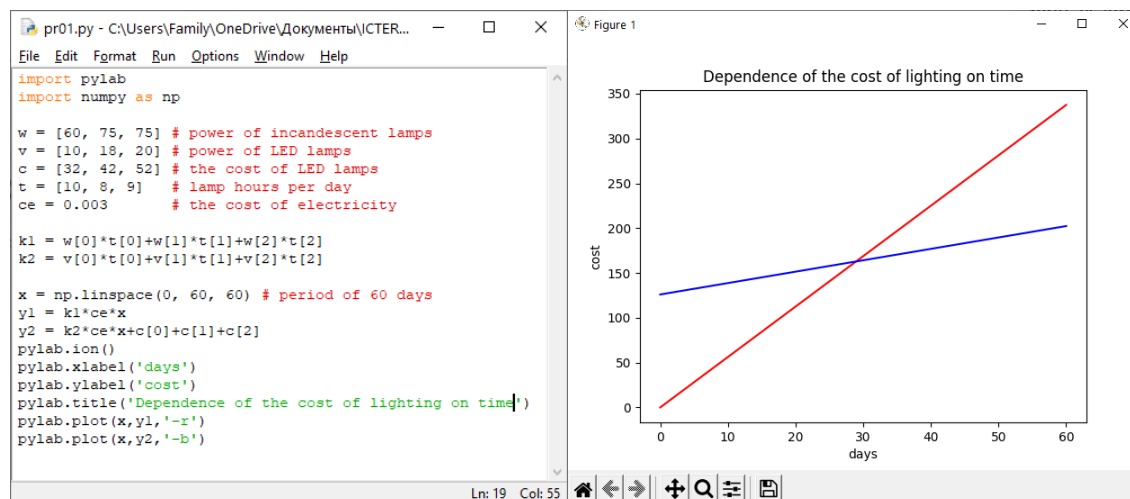


Рис.1 Приклад розв'язування практичної задачі

Змінюючи потужності ламп та час їх роботи, вартості ламп та вартості електроенергії можна отримати дату початку економії. При деяких параметрах виявилось, що перетину не існує в межах 60-ти днів. Тоді постало наступне питання – чи можна визначити на якому інтервалі необхідно проводити побудови? Це питання дозволило показати етап уточнення моделі, так як не для всіх вхідних параметрів можна використовувати розроблений алгоритм. Зрозуміло, що це не єдиний варіант моделі. Після аналітичних перетворень отримати тільки числове значення, що залежить від вхідних даних, але візуалізувати таку модель неможливо. Відповідно для навчальних цілей така модель є недоречною.

Наступна задача має таке формулювання: «*Зіпсований водопровідний кран втрачає v літрів води за добу. Вартість нового крану c_1 , вартість його заміни c_2 , гарантійний термін роботи – t діб. Якщо вартість води c_3 за літр, то чи буде вигідно виконувати заміну крану для економії коштів у його гарантійний термін?*». Тип задачі схожий на попередній з точки зору моделі, при розв'язуванні задачі студенти створювали модель «за зразком» і труднощі при цьому не виникали (див. рис. 2). Для закріплення навичок пропонується ще декілька задач як лінійної так і нелінійної залежності. Кожна з них має своє суто практичне походження і стосується різноманітних галузей людської діяльності.

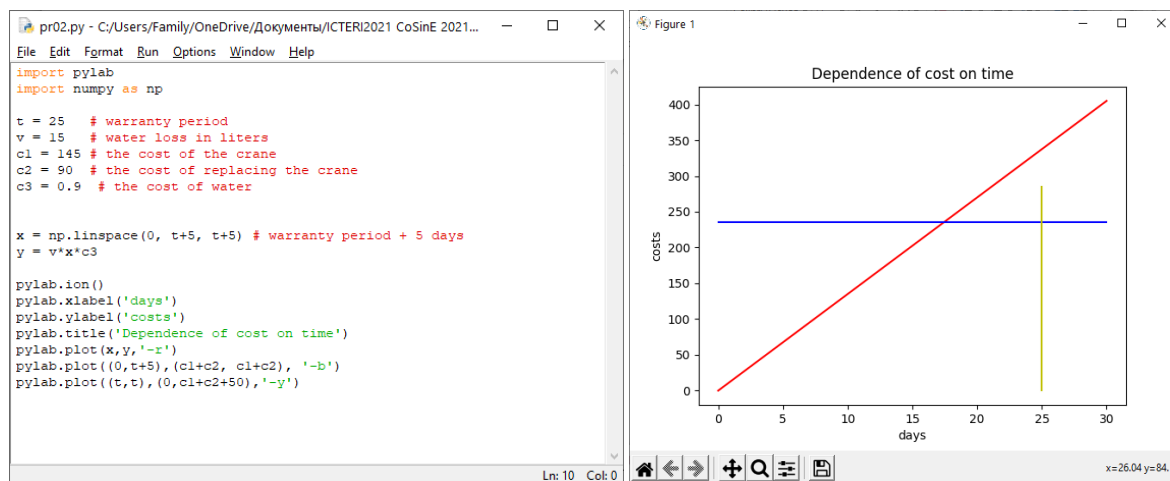


Рис 2. Приклад побудови моделі

Після вирішення цих задач, було проведено анонімне опитування студентів за такими питаннями:

- Оцініть складність першої задачі за шкалою 0..9 (0 не складна, 9 дуже складна)
- Оцініть складність другої задачі за шкалою 0..9 (0 не складна, 9 дуже складна)
- Оцініть отриманий результат на практичну значимість за шкалою 0..9 (0 не потрібний, 9 практично корисний)

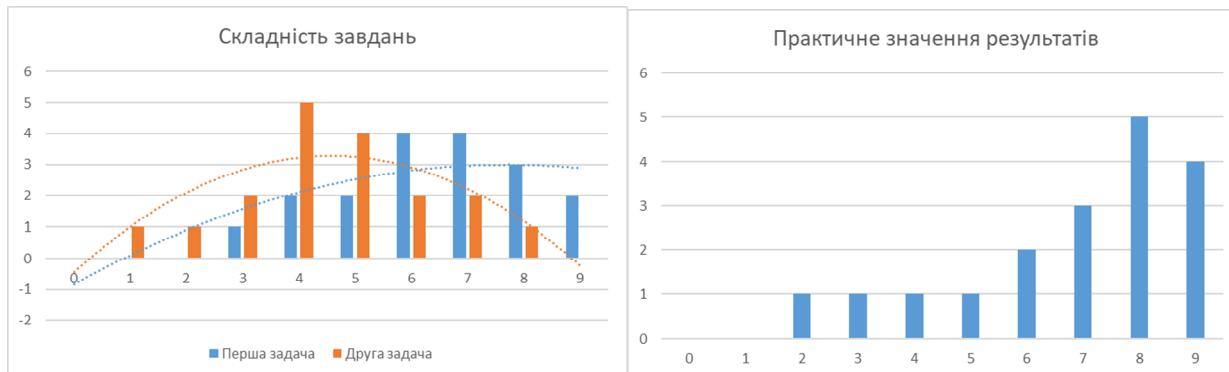


Рис 3. Результати відповідей респондентів

У опитуванні взяли участь 18 респондентів. Результати опитування представлено на рис 3. Необхідно зробити наступні висновки вже на цьому етапі не зважаючи на невелику кількість опитуваних:

- Використання практичних задач, що поєднують різні науки, на сьогодні є недостатньою;
- Дидактичні можливості міжпредметних зав'язків є невикористаними, що впливає на загальний рівень освіти;
- Моделювання є складним, і в той же час, практично-значимим методом як навчання так і вирішення практичних задач.

Наступний етап в підготовці передбачає розв'язування задач з нелінійною залежністю, наявність елементів керування та зміни параметрів, вивчення широкого кола задач з економіки, різних підгалузей математики, фізики, хімії тощо.

Висновки

Обчислювальна комп'ютерна модель реалізується програмою для розрахунку стану системи, що моделюється за її математичною моделлю. Її застосовують для моделювання різних фізичних, біологічних, соціальних та інших явищ. Наприклад, коливання маятника, поширення хвиль, зміни чисельності населення, популяції певного виду тварин тощо. Такі моделі часто застосовують для багаторазового проведення випробувань, у тому числі – зі зміною параметрів, з подальшим збором та опрацюванням отриманих результатів чи для розв'язування задач на найкращий розкрій деталі, мінімальні витрати чи максимальний прибуток.

Змістова лінія «Моделювання» в шкільному курсі інформатики застосовується для розвитку алгоритмічного, структурного мислення, для розвитку здатності аналізувати різноманітні процеси та явища й з'ясувати їхні причинно-наслідкові та структурні зв'язки, визначати послідовність дій, які необхідно виконати для розв'язування певних задач. А тому підготовка майбутніх учителів інформатики до викладання цієї теми повинно бути сформовано під час вивчення цього розділу на певних освітніх компонентах, включаючи освітній компонент «Програмування».

Література

1. Caine R.N., Caine G.M. Connections: Teaching and the Human Brain. Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, Virginia. 1991, 194 p.
2. Gibbons A.S. Model-centered instruction, Journal of Structural Learning and Intelligent Systems, 4, 2001, 511–540. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76898-4_8
3. Kaiser G. Mathematical Modelling and Applications in Education. In: Lerman S. (eds) Encyclopedia of Mathematics Education. Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_101
4. Mogens Niss, Werner Blum, The Learning and Teaching of Mathematical Modelling (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315189314>
5. Balyk N., Grod I., Vasylenko Y. Oleksiuk V., Rogovchenko Yu. Project-based learning in a computer modelling course, J. Phys.: Conf. Ser. 1840 012032, 2021, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012032>
6. Weber J., Wilhelm T. The benefit of computational modelling in physics teaching: a historical overview, European Journal of Physics, Volume 41, Number 3, 034003, <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7a7f>

7. Головіна Н.А., Головін М.Б., Федонюк А.А. Аплікації з комп'ютерної фізики мовою Visual Python на прикладі моделювання силової взаємодії, Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, Випуск №40, 2020, <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-40-03>
8. Ліннік О.П., Моїсеєнко Н.В., Євтєєв В.М., Теплицький І.О., Семеріков С.О. Об'єктно-орієнтоване моделювання у підготовці майбутніх учителів фізики. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету : серія педагогічна. Випуск 12 : Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника фізики в світлі сучасної освітньої парадигми. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2006. С. 127–140.
9. Weik M.H. The ENIAC Story, 1961, <https://cutt.ly/dnNYfBn>
10. Mansfield L. Simple Climate Modelling in Python, 2019, <https://medium.com/informatics-lab/simple-climate-modelling-in-python-43d0d0b4af03>
11. Moffitt C. Monte Carlo Simulation with Python. 2019. <https://pbpython.com/monte-carlo.html>
12. І. Цифровая жизнь или как сыграть в Бога на персональном компьютере, 2015, <https://www.ixbt.com/live/santry/cifrovaya-zhizn-ili-kak-sygrat-v-boga-na-personalnom-kompyutere.html>
13. Human Brain Project, <https://www.humanbrainproject.eu/en/>
14. Sheprut I., Emergevolution, 2020, <https://github.com/optozorax/emergevolution>
15. Steshenko V., Velychko V., Yashanov S., Vovk N., Kitova O. Modelling of pedagogical technologies on the basis of activity approach. In SHS Web of Conferences. EDP Sciences. Vol. 104, p. 03015. 2021.
16. Kawakami T., Mineno K. Data-Based Modelling to Combine Mathematical, Statistical, and Contextual Approaches: Focusing on Ninth-Grade Students. In: Leung F.K.S., Stillman G.A., Kaiser G., Wong K.L. (eds) Mathematical Modelling Education in East and West. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling. Springer, Cham. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66996-6_32
17. Nielsen S.S., Nielsen J.A. Models and Modelling: Science Teachers' Perceived Practice and Rationales in Lower Secondary School in the Context of a Revised Competence-Oriented Curriculum, EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2021, 17(4), em1954, <https://doi.org/10.29333/ejmste/10790>
18. Теплицький О.І., Семеріков С.О., Соловійов В.М. Професійна підготовка учителів природничо-математичних дисциплін засобами комп'ютерного моделювання: соціально-конструктивістський підхід : монографія. Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі. Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький

національний університет», 2015. Том X. Випуск 1 (10) : спецвипуск «Монографія в журналі». 278 с.

Vladyslav Ye. Velychko, Elena G. Fedorenko

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine;

Preparation of pre-service teachers of Computer Science for teaching the content line "Modeling" with Python

Modeling is a complex and at the same time useful activity. Computer science has accumulated considerable potential for theoretical and methodological developments in this field, and the means of implementing the models provide the ability to calculate large amounts of data. Preparing future computer science teachers to teach the content line "Modeling" in high school is a complex process based on the theoretical foundations of modeling, existing practice of modeling and a vision of the role of modeling in shaping students' worldview. In the educational program "Secondary Education (Computer Science)" the educational component "Programming" is of fundamental importance. According to this role, one of the objectives of the course is to develop skills in creating and applying models. The article considers examples of practical orientation of the solution of which provides an opportunity to expand the understanding of future teachers of computer science about the models, methods and techniques of their construction.

Keywords: *modeling, computer modeling, teacher training, Python.*
