

Столярчук О.Р.,
аспірант 1 року навчання
факультету комп'ютерних наук та кібернетики
науковий керівник Анісімов А.В.,
член-кореспондент НАН України, професор
Київський національний університет імені Т. Шевченка

СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ДО ЗМАГАНЬ ІЗ СПОРТИВНОГО ПРОГРАМУВАННЯ АСМ ІСРС

Найбільш масовим та відомим змаганням з програмування серед студентів вузів є міжнародна студентська олімпіада АСМ ІСРС¹. До участі у цих

¹ <https://icpc.baylor.edu/>

змаганнях допускаються студенти та аспіранти вузу, вік яких не перевищує 24 роки. Дане змагання є поетапним. Спочатку команди проходять університетський відбір, потім чверть-фінал, пів-фінал та фінал світу. Один студент може приймати участь лише у п'яти пів-фіналах та двох фіналах протягом свого навчання. Фінал відбувається весною кожного року в різних країнах світу. Зміст цього змагання полягає у командному вирішенні складних алгоритмічних задач протягом 5 годин за одним комп'ютером. Такі змагання потребують як командної так і персональної підготовки кожного учасника.

Результати України на цих світових змаганнях за останні роки досить скромні - 2 золоті медалі (команда Львівського національного університету(ЛНУ) 2008р, та команда Київського національного університету(КНУ) 2010р), 2 срібні медалі (Донецький національний університет (ДонНУ) 2011р та КНУ, 2013р), 2 бронзові медалі (КНУ 2003р, та ЛНУ 2016р).

Очевидною передумовою таких результатів є відсутність структурованої системи підготовки та підтримки цих змагань зі сторони університету та країни.

Кожного року проходить велика кількість навчально-тренувальних зборів (АСМ ICPC BOOTCAMP², Petrozavodsk Summer/Winter Camp³, та інші), але участь у таких зборах потребує достатньо великих матеріальних затрат. Переконати дирекцію університетів виділяти на такі збори кошти досить складно, тому багато сильних команд шукають додатково спонсорів серед місцевих ІТ-компаній.

Для чого це потрібно студентів? Крім того, що це можливість подорожувати країною (світом - на міжнародні збори та змагання), знайомитися та обмінюватися знаннями з кращими студентами в цій сфері на різних зборах, існує ще багато важливих переваг, які можна отримати, приймаючи участь у таких змаганнях.

По-перше, змагання захоплює і мотивує учасника писати багато коду, і в результаті він пише його швидко і без помилок. Ця якість є надзвичайно важливою в подальшому професійному розвитку. В більшості ІТ-компаній світу, під час інтерв'ю на посаду програміста, кандидату пропонують розв'язати саме олімпіадні задачі. Тому студентів, який цим займався буде простіше отримати бажану роботу.

По-друге, досягнення на цих змаганнях є показником сильних інтелектуальних здібностей студента. Під час змагань, студенти отримують навички знаходження оптимального розв'язку достатньо складних задач, що допомагає їм в подальшому успішно опрацьовувати великі об'єми даних, з якими їм приходится працювати на роботі над реальними проектами.

І по-третє, це престиж. Всі знають, що учасники змагань та їх тренери витрачають величезний об'єм сил та часу, але медаль з міжнародних змагань - це відмінний результат, який збільшує шанси студента, коли світові компанії зацікавляться його ще протягом навчання в університеті. Наприклад, компанія ІВМ була спонсором фінальних змагань останні десятиліття. Крім грошового призу переможцям, компанія також запрошувала студентів до себе на літні стажування.

Все перелічене вище, вигідно відрізняє студентів - олімпіадників,

² <http://in.harbour.space/icpc/>

³ <http://karelia.snarknews.info/>

збільшуючи їх конкурентноздатність на ринку праці.

Якщо описувати навчання таких студентів в університеті, то існує думка, що спортивне програмування може певним чином заважати навчанню. Дійсно, існують випадки, коли успішних олімпіадників відраховували з університету через неуспішність у всіх решту предметів. Але ці випадки достатньо рідко зустрічаються, та очевидно, що винні тут не змагання з програмування, а невміння правильно організувати свій час.

В більшості університетів є навчальні курси, які вивчають структури даних, динамічне програмування, теорію ігор, алгоритми на рядках та інші. Але майже всі курси орієнтовані на вивченні теоретичної частини, з доведенням всіх теорем та тверджень. Натомість в спортивному програмуванні потрібно вміти швидко та практично знаходити застосування теоретичному матеріалу, чому приділяється дуже мало часу протягом навчального курсу. Для цього потрібно додатково тренуватися як самотійно так і командно.

На даний час доступна велика кількість онлайн ресурсів за допомогою яких відбувається підготовка студентів. Найбільш популярні на даний момент:

- E-Olymp - www.e-olymp.com
- Codeforces - <http://codeforces.com>
- TopCoder - www.topcoder.com
- CodeChef - codechef.com
- та інші⁴

На цих ресурсах регулярно проходять особисті та командні змагання різного рівня складності. Основною перевагою таких платформ як Codeforces та TopCoder є те, що після кожного змагання публікується розбір задач, які пропонувалися під час даного змагання. Це дозволяє як учасникам з досвідом, так і початківцям зробити розбір нового матеріалу самотійно.

Восени 2015 року в Українському католицькому університеті (тут і далі - УКУ) відкрито програму бакалаврату з комп'ютерних наук⁵. На другому курсі цієї програми студентам читається курс "Алгоритми та структури даних", але матеріалів даного курсу виявилось недостатньо для успішного виступу на регіональних змаганнях в Україні. Команди УКУ на чверть фіналі світу (регіональні змагання України) зайняли 15 та 18 місця і отримали право участі в фіналі України для другої ліги (Одеса, жовтень 2016р).

3 грудня 2016 року всередині УКУ було створено "АлгоКлуб", основною задачею якого була підготовка студентів до ACM ICPC. Було розроблено комплексну навчальну програму. Програма передбачала розбиття класичних тем з вивчення алгоритмів та структур даних на 3 категорії:

- Base - знання основних понять та алгоритмів
 - Структури даних: черга, множина, словник, стек, черга з пріоритетами
 - Теорія графів: пошук в ширину, пошук в глибину, топологічне сортування графу, алгоритми пошуку каркасу мінімальної ваги, алгоритми пошуку найменшої відстані між вершинами, бор
 - Динамічне програмування: основні означення та принципи, приклади рекурсії із запам'ятовуванням.
 - Алгоритми на рядках: Z-функція, алгоритм Кнута-Морріса-Пратта,

⁴ <https://www.hackerrank.com>, www.csacademy.com, <http://acm.timus.ru>

⁵ <http://cs.ucu.edu.ua/>

- оберненна польська нотація.
- Теорія чисел та комбінаторика: діофантові рівняння, прості числа, функція Ейлера, біном Ньютона, формула включень-виключень.
- Алгоритми сортування: сортування підрахунком, модифікації сортування злиттям
- Геометрія: елементарні геометричні об'єкти
- Medium - вивчення складніших алгоритмів над базою Base.
 - Структури даних: Дерево Фенвіка, Дерево вірізків
 - Теорія графів: найнижчий спільний предок, шлях Ейлера, мости та точки артикуляції, пошук циклів від'ємної ваги
 - Динамічне програмування: бітові маски, динаміка по зламаному профілі
 - Алгоритми на рядках: Алгоритм Ахо-Корасика, алгоритм Shift-End, хешування.
 - Теорія чисел: Китайська теорема про залишки, функція Мебіуса, теорема Ферма та Ейлера.
 - Теорія ігор: Ретро аналіз, функція Шпара-Гранді.
 - Геометрія: Метод замітання прямої, пошук опуклої оболонки.
- Advance - складні алгоритми та структури даних
 - Структури даних: Декартове дерево, Дерево паліндромів, коренева декомпозиція, heavy-light decomposition.
 - Теорія графів: потоки, венгурський алгоритм, алгоритм Куна, 2-SAT, 3-SAT
 - Теорія чисел: Дискретне логарифмування, швидке перетворення Фур'є, пошук дискретного кореня.
 - Алгоритми на рядках: Суфіксний автомат, суфіксний масив, алгоритм Укконена.
 - та інші

Всі теми розподілені на тематичні тижні. Кожного тижня відбувається лекція, на якій проходить розбір теми/алгоритму/задачі. Для кожного тижня в системі EOlymp підібрані задачі до тематичних тренувань. Також 2-3 рази в місяць практикуються особисті та командні тренування в офіційному режимі ACM ICPC - 1 комп'ютер, 5 годин. Ці тренування відбуваються на агрегаторі онлайн платформ VJudge⁶. Задачі підбираються в напів-автоматизованому режимі. На сайті A2 Online Judge є розподіл задач на теми та рівні складності⁷. Розроблено програму (ContestGenerator), яка сканує даний сайт з класифікацією задач і певним алгоритмом формує набір задач для студентського тренування. Для кожного тематичного та командного контесту готуються розбори задач.

Програма ContestGenerator на вході приймає дані про тривалість змагання, очікуваний рівень складності (3-10), бажану пропорцію легких/середніх/складних задач (наприклад 1:3:2), та існує додаткова можливість вказати перелік тем, з яких обрані задачі. Ці всі параметри дозволяють гнучко розробляти набори задач як для початківців, так і для команд, які готуються до участі в кваліфікаціях чемпіонату світу.

Результатом такого підходу є участь однієї команди УКУ в пів-фіналі

⁶ vjudge.net

⁷ <https://a2oj.com/categories>

світу (жовтень 2017р, Вінниця) та загалом покращення рівня команд УКУ в попередніх етапах - чверть фінал 2017 (Західний регіон України) - 8,12,15,18 місце. Крім АлгоКлубу на базі факультету, студенти додатково вивчають матеріал та вирішують задачі самостійно.

Даний класифікований та систематизований підхід показав свою ефективність на прикладі команд Українського католицького університету та може бути застосований у інших університетах, як українських так і закордонних.

Список використаних джерел та літератури

1. <http://codeforces.com>
2. Методичні рекомендації щодо розв'язання олімпіадних задач з програмування - <https://www.e-olymp.com/uk/blogs/posts/32>
3. ACM/ICPC: зачем студентам олимпиады по программированию? - https://cs.hse.ru/HERB/gustokashin_zavarin
4. <https://github.com/stostap/ContestGenerator>