

МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКО ОБРАЗОВАНИЕ, 2009
MATHEMATICS AND EDUCATION IN MATHEMATICS, 2009
*Proceedings of the Thirty Eighth Spring Conference of
the Union of Bulgarian Mathematicians
Borovetz, April 1–5, 2009*

**ЗА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ОБУЧЕНИЕТО ПО
ОБЕКТНО-ОРИЕНТИРАНО ПРОГРАМИРАНЕ**

Кирил Иванов

Докладът представя обобщени изводи от над десетгодишен опит в преподаването на обектно-ориентирано програмиране на студенти в различни специалности. Като основен критерий за ефективността на обучението приемаме усвояването на виртуалните методи и полиморфизма от учащи с ниска успеваемост. Описана е система от принципи, чието спазване е необходимо за достигане на такава ефективност. Практическите резултати показват, че комплексното, постоянно и повсеместно прилагане на принципите дава и достатъчно условие за ефективно, според приетия критерий, обучение.

Как да научим студентите на обектно-ориентирано програмиране (ООП)? В частност, как може да им помогнем да разберат идеите, от които произхожда техниката на виртуалните методи, за да се научат свободно да я прилагат и да почувстват гъвкавостта, мощта и класически стройната аргументация на полиморфизма, поддържан в ООП?

Овладеяването на полиморфизма, реализиран чрез виртуални и динамични методи, е своеобразен “рубеж” за обучаемите. След като го преминат, те вече са готови да усвояват и по-сложните идеи и техники в ООП, а докато не успеят да го достигнат, не са в състояние пълноценно да прилагат или задълбочено да разбират този тип програмиране. От своя страна, овладяването на същия полиморфизъм се превръща в “пробен камък” за правилността и качеството на обучението по ООП.

Вече повече от десет години преподавам ООП на студенти, бакалаври и магистри, от различни специалности в Пловдивския университет “П. Хилендарски”, включително специалност Информатика и специалност Математика. През това време постоянно търсех и изпробвах всички средства и идеи за успешно обучение, до които достигнах самостоятелно или към които ме насочиха разговори с колеги, книги или други източници. Като следствие констатирах поява на положителни резултати. Но въпреки това, в продължение на няколко години се повтаряше нещо много обезсърчаващо: повечето студенти с ниска успеваемост не смогнаха в рамките на предвидените часове ясно да разберат аргументацията и вътрешната логика в използването на виртуалните методи, като се опитваха да ги прилагат зубрашки, което за тази техника е невъзможно.

Такова наблюдение погрешно може да бъде обяснявано с несериозното отношение на обучаемите, с нежеланието или неумението им да учат. За жалост, подобно заблуждение лесно намира “почва” за развитие. Обаче, ако гледаме на преподавателската професия с повече уважение, ако разсъждаваме от позицията на по-висока

(или, може би, по-отговорна?) представа за “мисията” на учителя и преподавателя, тогава се налага да признаем, че с редки изключения всички млади хора могат да бъдат научени, включително и да бъдат мотивирани да се учат на неща, отличаващи се със значителна сложност и трудност (в това число даже по-сложни от виртуалните методи). Оттук следва, че един задължителен критерий за качеството на учебния процес са именно успехите на най-изоставащите обучаеми, степента на тяхното “израстване”.

От горните разсъждения следва (дори, в определен смисъл, сме длъжни да приемем), че истински ефективно обучение по ООП е това, при което всички обучаеми, а особено тези с ниска успеваемост, освен с много редки изключения, се научават да прилагат обектно-ориентирания полиморфизъм и ясно да разбират аргументацията му.

Подобна “екстремална” дефиниция, най-вероятно, би могла да бъде оспорвана. Обаче по-правилно (и определено по-ангажиращо) би било да я разглеждаме като крайна цел на преподавателя, като взискателен критерий за желаното качество на учебния процес. Наблюденията от преподавателската ми дейност ме карат да мисля, че подобна цел е практически достижима. Например, преди няколко години водих занятия с неинформатици, които бяха безпощадно критикувани от някои колеги, че не знаят, не работят и не искат да учат. Те наистина не умееха елементарни неща в програмирането. Но след срещите си с тези студенти, видях и повярвах, че те по свой начин се стараят. В края на семестъра точно “най-слабите” от тях съвсем неочаквано споделиха: “Когато обяснявате – разбираме.” Този ден беше празник за мен, но извън каквито и да било емоции, такова убеждение у обучаемите доказва, че всеки от тях е способен да овладее ООП, включително и полиморфизма. Същите студенти на заключителния изпит при най-безкомпромисни критерии за оценяване заслужиха от четири нагоре, а подобно на тяхното мнение през следващите години изказваха и други обучаеми с ниска успеваемост.

Също както в математиката, където доказването на теорема изисква да осъзнаваме как ще доказваме, така и в обучението, за да постигнем потенциално възможните резултати, трябва да знаем как да го направим? Този въпрос, отнесен към ефективното, в приетия по-горе смисъл, преподаване на ООП, се свежда до следното: Кои методи, средства и условия за обучение ще позволят на повечето студенти с ниска успеваемост да научат да прилагат и разбират виртуалните методи и обектно-ориентирания полиморфизъм?

При това, критериите, дали се постигат желаните резултати, трябва да са комплексни. От една страна, това е успешното, по мнение на преподавателя, самостоятелно изпълнение на съответните задания, но от друга – самооценката на самите обучаеми. Всъщност младите хора и особено тези с ниска успеваемост, е много типично да проявяват излишна и неоправдана самокритичност. Затова, когато учащите, получавал доскоро двойки, почувствува, че разбира или успява, това е наистина значимо.

В своите търсения на пътища, по които студентите с ниска успеваемост могат да бъдат “изведени” до разбирането и усвояването на полиморфизма в ООП, аз не се ориентирах към измислянето и създаването на нови, неизвестни все още средства и методи за обучение (дори и намирането на такива да е възможно). Вместо това, се съсредоточих върху разкриването на причините за постигане на различните резул-

тати (положителни и отрицателни). Така, след повече от десет години провеждане на занятия с различни по специалност и подготовка студенти, бакалаври и магистри, набелязах и многократно проверявах на практика няколко основни принципа, които показваха едно забележително свойство – пренебрегването им по какъвто и да било начин или просто пропуските в прилагането им много силно “сриват” постиженията на изоставащите учащи, въпреки че това може съвсем слабо или никак да не повлияе на отличниците. От такова наблюдение следва, че всеки от тези принципи е задължителен и необходим за постигането на желаната ефективност.

По-нататък, когато прилагах избраните подходи комплексно и навсякъде, където е възможно, констатирах, че дори и студентите с ниска успеваемост започват да разбират полиморфизма и самостоятелно да изграждат все по-сложни програмни решения с използване на виртуални методи. Това е убедително основание да считаме, че интегрираното, постоянно и всестранно прилагане на набелязаните принципи е *достатъчно* условие за постигане на ефективност, в приетия по-горе смисъл, на обучението по ООП.

Естествено, такъв извод не отменя съществуването на изключения, в смисъл на учащи със специфични потребности или при учебни условия с обективни ограничения и т. н.

Все пак, нека отбележим, че е сложна и е определено творческа задачата самото интегриране на въпросните подходи и използването им постоянно и навсякъде, където има някакво място за тях.

Набелязаните по описаната методология принципи са следните:

Принцип 1. Преди всичко, практиката безусловно потвърждава всеизвестния факт, че значителен напредък в знанията и уменията на учащите, спрямо първоначалното им ниво, е възможно единствено при комплексно прилагане на основните положително насочени методологически, педагогически и психологически похвати. В това число, добрата предварителна подготовка, целенасоченият подбор на задачи и примери, балансът между теория, демонстрации и самостоятелна работа, систематичните преговори, индивидуалният подход и т.н. Т.е., говорим за обичайните похвати, които имат място при всяко обучение.

Кратковременните форсирани усилия и изолираното прилагане на отделни методи или средства води само до фрагментарни и нетрайни резултати. Още по-лошото следва от силно изразеното в ООП надграждане на идеите и техниките една над друга: Тъй като непълните знания не могат надеждно, стабилно да бъдат надстроявани, в по-дългосрочен план те закономерно поражда у студентите опасната илюзия за неспособност да разберат и овладеят учебния материал. Твърде често неуспехите си, породени само, единствено от пропуски в знанията и уменията, учащите са склонни да приписват на потенциалните си (не-) способности.

Несъмнено, прилагането и съчетаването на известните основни похвати за обучение е задължителна база за търсената ефективност на процеса на обучение. Обаче, така може да се осигурят високи резултати само за отличните и за голяма част от добрите студенти. За съжаление, тази база не е достатъчна за изоставащите и затруднените учащи. За тях са необходими още и други целенасочено избрани похвати, които да бъдат използвани максимално постоянно и навсякъде. Това, именно, са следващите принципи.

Принцип 2. Трябва да се разкриват аргументацията и причинно-следствените

връзки във всичко съществено, попадащо в полезрението на обучаемите. От началото на учебния процес и до завършека му (на самия изпит) въпросите “Защо?” трябва да бъдат опората, “гръбнакът” и движещата сила на израстването на знанията, уменията и възможностите на учащите.

Аргументацията следва да покрива всички засегнати области – синтаксис и семантика на езиците за ООП, теорията, философията и идеологията на обектно-ориентирания подход, проектирането и реализирането на софтуер, мястото и значението на ООП в съвременната компютърна информатика, методологията и мотивацията на самото учене и т. н., та дори защо е необходимо постоянно да се питаме “Защо?”

Обектно-ориентираният подход е особено плодотворна почва за обосноваващо мислене, тъй като той е качествено ново ниво, нов етап в развитието на информатиката, достигнат чрез обобщаване на опита от десетилетия прогрес. Но, за разлика от математиката, тук аргументите само понякога следват еднозначни причинно-следствени връзки. Тук те често се свеждат до „здравия усет” – програмистки, конструкторски, потребителски и т. н. Самият този усет пък се развива също чрез постоянно аргументиране.

За умелия информатик е необходимо да може, а за студента – да се научи да доказва, какво следва от дадено решение и в кои случаи то е добро или лошо?

Принцип 3. Естествено продължение и кулминация на обосноваването трябва да бъде извеждането на проектите и програмите като следствия от аргументи, също както в математиката се доказват твърдения, но с тази разлика, че тук широко се използват и съображения на “здравия усет”.

Подходът “най-важното е програмата да работи” (за жалост, косвено мотивиран и от състезанията по информатика) е изключително опасен и вреден в обучението, защото унищожаване на ориентирите и опората на учащите в борбата му с проблемите. Точно изграждането на софтуера като следствие от разсъждения е най-ценният инструмент, с който обучаемите могат целенасочено и особено ефективно, включително и съвсем сами, да попълват пропуските си и да се борят с трудностите в усвояването на информатичните и програмистките учебни предмети.

Връх в такъв подход са задачите, където алгоритъмът трябва да се разклони според типовете на два или повече обекти. При тях в различни аспекти се налага истинско творчество, защото в езиците за ООП автоматично се поддържа разклоняване на алгоритъма според типа на обекта. Например: как да се програмира процедура, прилагаща даден обект изображение, което може да бъде и трансляция, и хомотетия, към даден обект фигура, която може да бъде и отсечка, и триъгълник, само с помощта на виртуални методи (без проверка за типа на обект)? Очевидно, тук действието ще се извършва по четири различни начина за всеки вид двойка изображение-фигура. Дори самото разбиране на решението на тази задача вече е предизвикателство за доказателствено мислене на учащите.

Принцип 4. Обучението по ООП трябва да бъде плавно градирано по сложност и тематика на учебния материал в съответствие със степента на усвояване на изученото.

По всяка отделна тема в учебния предмет ООП има обозрим брой основни идеи и умения, които следва да бъдат разбрани и усвоени преди преминаването към следващ материал. Необходимо е такива ключови въпроси да бъдат упражнявани

отново и отново и от различни гледни точки, докато бъдат овладени. В ООП, заради преплитането и надстройването на идеи, всеки съществен пропуск може да блокира следващото обучение.

Тук се налага да отчитаме и важен психологически аспект – за учащите с ниска успеваемост е характерно в по-голяма степен, отколкото за когото и да било, проявяване на изострена чувствителност към всеки неуспех и да не подозират за възможностите си.

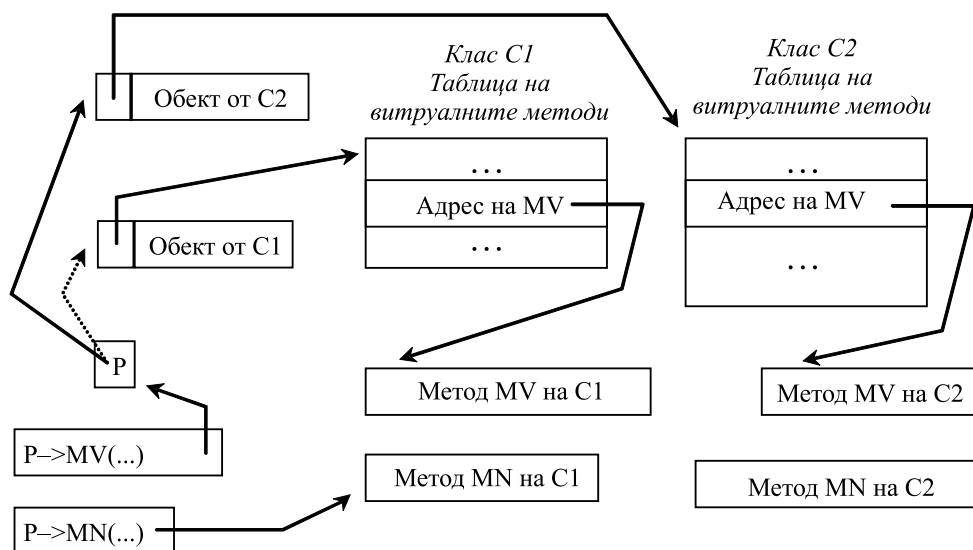
Следствие от последния принцип е, че обучението по ООП може да бъде успешно, само когато започва от началното, входно ниво, каквото и да е то, на студентите и плавно го развива и издига.

Принцип 5. Всички съществени елементи от преподаваната материя трябва да бъдат довеждани до пределно осезаем, нагледен вид.

Всъщност, учащите с ниска успеваемост в по-голяма степен от останалите учащи водят трудна и сложна борба. В нея имат нужда от всяка помощ, а осезаемостта, и най-вече визуалната нагледност, са особено мощна подкрепа.

В частност, зрителното възприятие е незаменимо при разбирането на полиморфизма, чиято идея е класически проста, но технически се реализира с таблици и връзки, затрудняващи въображението толкова повече, колкото по-неподготвен е обучаемият. Затова, специално за затруднените учащи визуалните образи са задължителни.

Тук има много широки хоризонти от възможности. Например, приведеното по-долу изображение може да се даде като минимум, който следва да получат студентите като визуален образ, илюстриращ полиморфизма чрез указатели. В тази относително проста схема чрез стрелки (и с нотацията на езика C++) се показва как извикването $P \rightarrow MN(\dots)$ на неvirtуалния метод MN на обект, “сочен” от



указател P , винаги задейства варианта на MN , дефиниран в базовия клас $C1$, дори и ако обектът в действителност е от производния клас $C2$. Обаче обръщението $P \rightarrow MV(\dots)$ към виртуалния метод MV активира варианта на MV , дефиниран в динамичния клас, т.е. класа, към който принадлежи обектът $*P$.

Подобни визуални изображения се оказват до такава степен удобни за представяне на същността на някои въпроси, че дори започват да се превръщат във форма и начин на мислене.

Самото умение за използване на подходящи зрителни образи също постепенно се развива. Постепенно се натрупва и набор от подходящи графични елементи за построяване на изображенията. Придобива се навик за преминаване от визуална към друга абстракция или обратно. Оттук още повече нараства значението на онагледяването в началото на обучението и при изучаването на попростите теми.

Принцип 6. По всевъзможни начини трябва да се подкрепя емоционалната нагласа, позицията и мотивацията на обучаемите.

Необходимо е да се изтъкват и успехите, и положителните страни, съпътстващи неудачите, така, че учащият, когато не успее, сам да разбере защо не е направил неща, които очевидно умее и е прилагал другаде, а когато успее – да съзнава, че е постигнал още нещо.

В ограниченото учебно време понякога е уместно да се разглеждат неестествени за реална употреба, “изкуствени” технически решения, които илюстрират необичайни гледни точки. Тук е много съществена позицията, че информатикът трябва да може да прилага и такива техники и ясно да съзнава какво печели и какво губи от тях.

По време на занятия наистина си струва и е необходимо да се чуват и мнения с явна емоционална окраска. Например, че програмистът е човек, способен да програмира по всеки принципно възможен начин всяко нещо, което принципно може да бъде програмирано. Коментирането на подобни гледни точки или дори просто споменаването им по нов, и определено полезен начин разкрива същността на учебния материал и дава допълнителна опора за усилията на учащите.

Много са хубави задачите, за които отначало човек се пита “Това как ще стане?”, а като види решението има причини тайно да си мисли “Хитро! Искам да се сещам за такива неща!”. Появата на “спортен” хъс по време на занятията неусетно премахва немалко проблеми – трудностите просто биват забравени.

Огромна част от съвременните библиотеки са обектно-ориентирани. Полиморфизмът дава уникална гъвкавост и удобства при изграждането на софтуер. Поради такива причини, изучаването на ООП разкрива широки възможности и за теми на дипломни работи, и за бизнеса, и за развлечението. Подобни мотиви за учене съществено влияят на усилията и успехите на учащите. Следователно, тези перспективи трябва да се разискват в занятията.

Има изключително разнообразни подходи за подкрепа на обучаемите.

Описаните по-горе обобщения са изведени от преподаването на ООП на студенти. Но и по възраст, и по нивото на знанията и способностите си, тази категория учащи се намира между учениците и дипломираните специалисти. Следователно, има много общи особености и с едните, и с другите. Това представлява основание, да предполагаме, че и при другите категории учащи може успешно да се прилагат разгледаните по-горе подходи на обучение. Евентуалните перспективи за използване

в училище представляват специален интерес, защото точно там особено остро стои проблемът с повишаването на успеваемостта и с подпомагането на изоставащите.

Описаните наблюдения и изводи са свързани и със субективни представи. Но пък същото е вярно и за всяко изследване на учебен процес. От такава гледна точка, по-важно се оказва, че намираме съществени обективни основания за представеното определение за ефективност на обучението по ООП и начините за реализиране на такава ефективност. Освен това, разбира се, винаги си заслужава да търсим подходи за подпомагане на най-затруднените обучаеми. Това е част от “мисията” на учителя и преподавателя.

Кирил Иванов
катедра Компютърна информатика
Факултет по Математика и Информатика
Пловдивски Университет “П. Хилендарски”
бул. България № 236
4003 Пловдив
e-mail: kiv@uni-plovdiv.bg

ON THE EFFICIENCY OF TEACHING OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING

Kiril Ivanov

This paper presents the conclusions from a generalization of more than ten years of experience in teaching object-oriented programming to students of different bachelor and master programs. We assume that the main criterion for the efficiency of teaching is how the low performers understand the virtual methods and polymorphism. The paper elaborates on a system of principles required to achieve such performance. Practical results give the grounds to hold that the comprehensive, continuous and omnipresent application of these principles is also a sufficient condition for effective teaching according to the accepted criterion.