

Дидактическая инженерия: теоретические основы

Нуриев Наиль Кашапович
профессор, д.п.н., заведующий кафедрой информатики и прикладной математики,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. К.Маркса, 68, г. Казань, 420015, (843)2314119
nurievnk@mail.ru

Старыгина Светлана Дмитриевна
доцент, к.п.н., доцент кафедры информатики и прикладной математики,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. К.Маркса, 68, г. Казань, 420015, (843)2314119
svetacd_kazan@mail.ru

Гибадуллина Эндже Анваровна
студентка Казанского национального исследовательского технологического
университета
ул. К.Маркса, 68, г. Казань, 420015
rainy_happiness@bk.ru

Аннотация

Дидактическая инженерия – это методология (теория, практика, диагностика) организации деятельности по решению дидактических задач. Поэтому, в рамках дидактической инженерии решаются задачи по созданию дидактических систем, средств (технологий) обучения и диагностики качества подготовки с использованием инженерных методов, работающих в виртуально-реальной среде (техногенной образовательной среде).

Все предложенные в работе методы решения дидактических задач обоснованы и опираются на известные в педагогической психологии фундаментальные закономерности, понятия, принципы, такие как «природосообразное обучение», «зона ближайшего развития», «обучение на высоком уровне трудности», а также установленную закономерность «решение проблем в три операции». Эта закономерность позволила раскрыть причины быстрого устойчивого развития студента и того факта почему одни люди решают профессиональные проблемы более успешно чем другие.

Разработанную технологию подготовки инженеров в метрическом компетентностном формате можно реализовать в типовой оболочке MOODLE или в специально спроектированной системе MYKNITU.

Didactic Engineering - a methodology (theory, practice, diagnosis) organization to address didactic problems. Therefore, in the framework of didactic engineering problems are solved by the creation of didactic systems, equipment (technology) training and diagnostic quality of training using engineering methods, working in virtual and real environment (man-made educational environment).

All proposed work methods for solving didactic problems justified and based on well-known in educational psychology fundamental laws, concepts, principles such as "prirodosoobraznosti training", "zone of proximal development", "training on a high level of difficulty", as well as the established pattern "solution three problems in operation". This law allowed to disclose the reasons for the rapid sustainable development of the student and the fact why some people decide to professional problems more successfully than others.

The developed technology in the training of engineers can implement the metric format competency in a typical shell MOODLE or in a specially designed MYKNITU system.

Ключевые слова

модель деятельности, поле компетенций, пространство проблем, дидактическая система, сложность проблем, дидактическая инженерия, высокоэффективная методология
activity model, field of competence, space problems, didactic system, the complexity of the problems, didactic engineering, highly effective methodology

Введение

Системы развивающего обучения являются классическими и с хорошим преподавателем эффективными, но современных условиях на их базе необходимо разработать высокоэффективные автоматизированные системы обучения, работающие в виртуально реальной среде. Построена модель автоматизированной организации метрико-ориентированного природосообразно - развивающего обучения. Фундаментальная часть этой модели сформирована как единое «ядро», основанное на результатах Яна Коменского, С. Л. Рубинштейна, Л. С. Выготского, А. Н. Леонтьева, Л. В. Занкова. С нашей стороны разработана обобщенная функциональная модель деятельности человека по решению проблем, выявлены ключевые способности, установлена зависимость успешности результата решения проблемы от уровней развития ключевых способностей, сложности проблемы и глубины усвоенных знаний. Обоснованы необходимость введения меры сложности учебных проблем и методики их оценки. Создана модель организации пространства учебных проблем. Разработана модель многоуровневой дидактической системы с технологией быстрого развития ключевых способностей через обучение. Сконструированы метрические шкалы для объективной оценки уровня развития ключевых способностей на фоне усвоения знаний.

В результате, с учетом фундаментальных закономерностей и интеграции перечисленных моделей в единую систему, а также автоматизации всего процесса подготовки, сформировалась новая методологическая платформа, которая с использованием инженерных методов позволило спроектировать дидактические системы качественно нового уровня – дидактические системы нового поколения.

Проблема сложности

Очевидно, что один человек отличается от другого не только набором компетенций, которыми он обладает, но и качеством их обладания, т.е. умением разрешать проблемы большой сложности в рамках этих компетенций. В любой области деятельности можно заранее оценить сложность решения любых проблем в метрических единицах, например, на основе заключений экспертов. Исходя из этого, объективной мерой уровня развития способностей человека можно считать сложность проблем, которые он умеет решать. Из сказанного следует, что на практике в системах образования можно сформировать специальные базы учебных проблем с указанием их сложности [1-4], а затем через умения их устойчиво и надежно решать судить об уровне развития специальных способностей обучающегося. Таким образом, в системах, построенных в рамках дидактической инженерии можно и нужно внедрить категорию сложности проблем с метриками их сложности, т.к. впоследствии это дает возможность объективно оценить потенциал будущего инженера. Разумеется, что введения в дидактическую систему понятия учебной проблемы с измеренной сложностью порождает целый ряд сопутствующих вопросов. Например, таких как: какие специальные способности, необходимо

развивать, чтобы научиться разрешать проблемы; как измерить уровень развития этих способностей; как измерить глубину усвоенных знаний, которые в качестве ресурсов необходимы для развития специальных способностей и разрешения проблем. В целом, можно сказать, что введение в дидактическую систему понятия учебной проблемы с измеренной сложностью порождает новую метрико-ориентированную технологию обучения (технологию быстрого развития через подготовки в метрическом компетентностном формате), которая на практике является одной из реализаций методологии: «Дидактическая инженерия»

Функциональная модель решения проблемы человеком

В ходе системного анализа деятельности человека по решению проблем было установлена следующая фундаментальная закономерность, которую назвали «решение проблем в три операции». Суть этой закономерности состоит в следующем. Любую проблему человек решает через свою деятельность в три взаимосвязанных и следующих друг за другом операции. Первая операция (операция А) – формализация проблемы, т.е. человек в меру развития своих способностей (умений), а также глубины знаний преобразует (в когнитивной сфере) решаемую проблему в какой – то аналог известной для него задачи. Вторая операция (операция В) – конструирование плана решения задачи, т.е. человек на основе своих способностей и знаний (в целом, ментальной своей модели) формирует план решения этой задачи. Третья операция (операция С) – исполнение этих планов в реальной (виртуальной) среде. Таким образом, любой человек при решении проблемы проходит путь: проблема; задача; план ее решения; исполнение решения; результат. Разумеется, результат в зависимости от человеческого фактора, может изменяться от неудачного до успешного.

Опираясь на эту фундаментальную закономерность и используя методологию структурного системного анализа (SADT - *Structured Analysis and Design Technique*), была построена функциональная модель решения проблемы человеком (рис. 1).

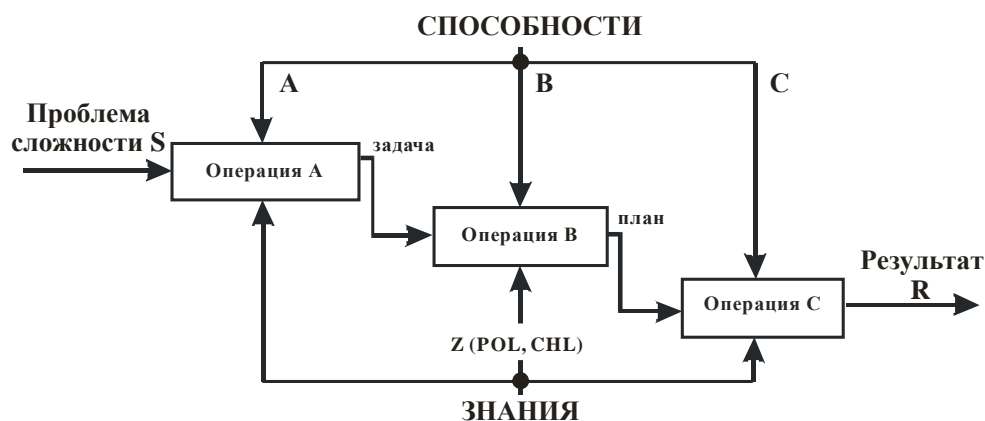


Рис.1. Функциональная модель решения проблемы человеком

В модели приняты обозначения: через S - величина сложности проблемы; А, В, С – соответственно величины уровней развития формализационных, конструктивных, исполнительских способностей инженера в рамках какой-то компетенции; POL, CHL – величины полноты и целостности усвоенных знаний человека в рамках какой – то компетенции; R – результат решения проблемы

(изменяется от неудачного до успешного); Z – величина глубины усвоенных знаний, характеризуемая двумя параметрами POL и CHL.

Модель функционирует следующим образом: через когнитивную сферу человека проблема сложности S преобразуется в успешный результат R с вероятностью $P(\text{усп})$, в зависимости от уровня развития его ABC-способности и глубины Z его знаний. Поэтому, вероятность $P(\text{усп})$ трансформации проблемы сложности S в успешный результат R формально можно записать как функциональную (стохастическую) зависимость, т.е. $P(\text{усп}) = F(A, B, C, \text{POL}, \text{CHL}, S)$. Как следует из статистических данных, на качественном уровне можно утверждать, что чем выше уровень развития ABC-способностей человека на фоне его знаний глубиной Z , тем выше вероятность успешного им решения проблемы сложности S . Разумеется, при фиксированных значениях $A, B, C, \text{POL}, \text{CHL}$ с увеличением сложности S проблемы эта вероятность $P(\text{усп})$ будет уменьшаться. Таким образом, в общем случае можно утверждать, что шанс успешно разрешить проблему конкретным человеком зависит от уровня развития его ABC – способностей, глубины его знаний в области решаемой проблемы и от сложности самой проблемы.

Построение квалиметрических шкал для оценки компетентности специалиста

Компетентность инженера, в какой – то области деятельности трактуется как его умение и навыки на базе своих знаний разрешать проблемы до определенной сложности, т.е. имеется некий незримый барьер сложности, преодолев которую он может считаться компетентным. Для кластеризации людей из одной области деятельности, т.е. разделения их на компетентных и некомпетентных инженеров, необходимо построить квалиметрические шкалы. В рассматриваемом случае можно построить две шкалы: пятимерную и трехмерную. Обе эти шкалы строятся исходя из следующей информации: 1. Основываясь на установленную фундаментальную закономерность «решение проблем в три операции». 2. На основе выявленного комплекса параметров $\langle A, B, C, \text{POL}, \text{CHL}, S \rangle$, определяющего вероятность успешности при разрешении проблем. 3. Опираясь на методику экспертной оценки сложности проблем, которые специалист может (способен) разрешить на практике. 4. Основываясь на результатах тестов на полноту и целостность владения знаниями.

Пятимерная шкала качества владения компетенцией (КВК(5)) представлена на рис.2, а трехмерная шкала качества владения компетенцией (КВК(3)) на рис.3. Обе эти шкалы построены на пучке векторов.

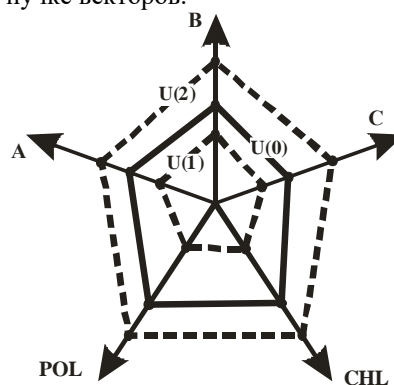


Рис. 2. Шкала КВК(5)

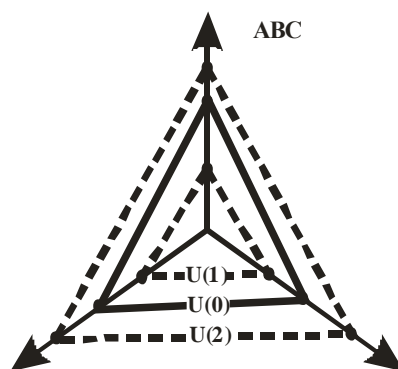


Рис. 3. Шкала КВК(3)

Вектора А, В, С соответственно определяют направления развития формализационных, конструктивных и исполнительских способностей, а вектора POL, CHL характеризуют глубину усвоенных знаний в определенной области деятельности (компетенции). На этих шкалах требуемый барьер сложности (например, исходя из стандарта) определяется экспертом в рамках рассматриваемой компетенции. На рисунках эти экспертные профили обозначены через U(0). Инженеры, профиль которых «больше» (например, профиль U(2)) или «близко» к профилю U(0) классифицируются как компетентные.

В реальности эти две шкалы получаются из практических соображений, т.е. как показывает опыт, эксперты часто, исходя из качества выполненных проектов (из прошлых результатов работы инженера) не могут по отдельности оценить уровни развития А-формализационных, В-конструктивных, С-исполнительских способностей специалиста, но могут по сложности их проекта оценить их ABC-способности в совокупности. Это обстоятельство приводит к необходимости использования второй шкалы (КВК(3)), в которой ABC-способности инженера оцениваются в комплексе.

Дидактическая инженерия как инновационная методология

Как уже отмечалось в работах [5-7], методологию можно рассматривать как науку об организации, ведении и оценки результатов какой - либо деятельности. В этом контексте дидактическая инженерия, как методология призвана ответить на вопросы: как проектировать эффективные, надежные, самоактуализируемые дидактические системы и технологии, а также поддерживающие их в виртуальном пространстве программное обеспечение. С этой точки зрения (на стратегическом уровне), дидактическую инженерию можно представить как общее руководство по ведению в особом формате совокупности взаимосвязанных работ включающих: анализ, проектирование, конструирование дидактических объектов (учебников, учебных пособий, уроков, реальных и виртуальных учебных курсов, систем диагностики, технологий, методик и т. д.). Эти объекты в комплексе позволяют добиться эффективного результата обучения, используя системно (в интеграции) достижения педагогики, психологии с программной инженерией и информационными технологиями. Следует особо отметить, что именно такая интеграция породила качественно новую методологию, которую назвали дидактической инженерией, в рамках которой уже имеется возможность разрабатывать обучающие «умные» системы, т.е. smart- системы. Очевидно, в этом направлении у дидактической инженерии неограниченные возможности для

развития. На рис. 4 приводится одна ветвь эволюционной модели развития технологии подготовки инженеров в метрическом компетентностном формате (МКФ).



Рис. 4. Ветвь эволюционной модели технологии подготовки в МКФ

Фундаментальные закономерности: «природосообразное обучение», «зона ближайшего развития», «обучение на высоком уровне трудности»

Из статистики следует, что современный обучаемый более 50 % своего активного времени проводит в виртуальной среде, т.е. мир, как правило, для него уже стал виртуально - реальным в отличие от преподавателя у которого мир более медленно становится виртуальным. Поэтому для обучаемого техногенная образовательная среда (ТОС) стало «родной», как бы уже, природосообразной. Разумеется, чтобы в техногенной среде успешно заниматься деятельностью требуется высокий уровень развития АВС-способностей и обладание глубокими в больших объемах усвоенными знаниями. Очевидно, достичь высокого уровня развития АВС- способностей можно только через интенсивное высокоэффективное обучение. На практике, при проектировании таких дидактических систем для быстрой подготовки обучаемых, педагоги сталкиваются с тремя фундаментальными закономерностями, которые являются «тормозами» быстрого развития его через обучение. Первая закономерность сформулирована в виде принципа Яном Коменским: «Обучение должно быть природосообразным». Вторая фундаментальная закономерность (Л. С. Выготский [8]) гласит, что обучение только тогда хороша, когда проходит впереди развития (обучение через «зону ближайшего развития»). Третья фундаментальная закономерность (Л. В. Занков [9]) утверждает, что наиболее быстрое развитие происходит при «обучении на высоком уровне трудности».

В целом, эти три закономерности «ограничивают» возможную предельную скорость развития обучаемого по его природе. Поэтому, в дидактических системах на проектном уровне должно быть заложена возможность для каждого обучаемого природосообразного развиваться через обучение на собственных предельных

режимах. На рис.5 приводится модель зависимости скорости развития ABC способностей студента от педагогических условий его подготовки.

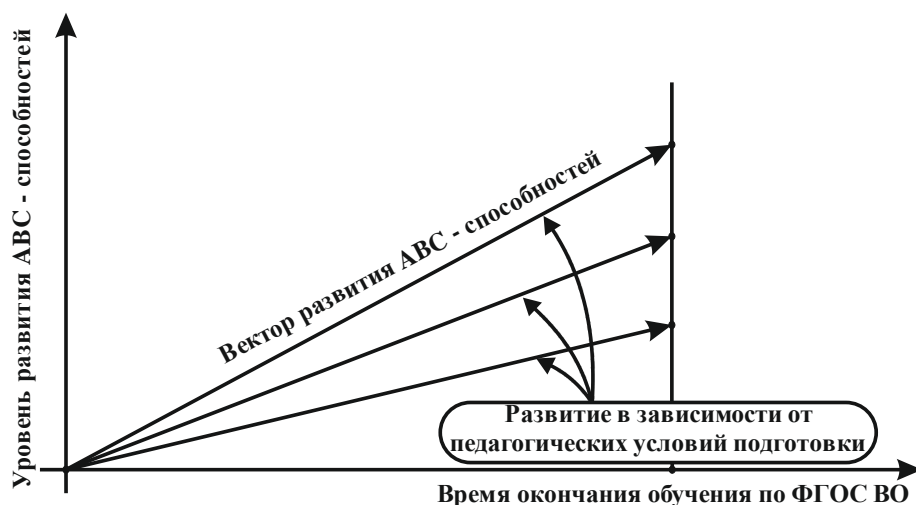


Рис. 5. Вектора развития ABC - способностей

Следует отметить, что проблема доступности учебного курса по сложности возникает перед каждым обучаемым, поэтому возникает задача синхронизации скорости развития ABC – способностей (на фоне усвоения знаний) с темпом его обучения. Разумеется, предельные скорости развития ABC–способностей у каждого обучаемого индивидуальны, также различаются уровни их развития и глубина, усвоенных им знаний. Все это приводит к необходимости проектирования многоуровневых по сложности курсов, развернутых в дидактических системах, работающих в реально-виртуальной среде или так называемых оцифрованных дидактических систем с технологией подготовки в метрическом компетентностном формате.

Метрическое пространство учебных проблем на поле компетенций

Рассмотрим множество (ПК-профессиональных, ОК-общекультурных) компетенций, определенных по ФГОС ВПО для подготовки инженеров по конкретному направлению подготовки. Разумеется, на уровне модели не принципиально, что в ФГОС 3+ их уже три: ПК, ОПК, ОК). Построим модель, в которой каждое направление с названием компетенции изображается в виде вектора. В совокупности пучок векторов с центром в точке 0 организует векторное поле компетенций, в целом, определяющих профиль подготовки будущего инженера (рис. 6).

На поле компетенций, рассмотрим множество учебных проблем различной сложности, на основе которых ведется подготовки будущего инженера по освоению каждой компетенции. Расположим это множество учебных проблем на поле компетенций по возрастанию сложности. Причем, чем сложнее проблем, тем она дальше будет находиться от центра. Таким образом, сортированное по возрастанию сложности, множество учебных проблем, построенное на поле компетенций, назовем метрическим пространством учебных проблем (МПУП) специальности. На рис.7 приводится модель МПУП специальности с выделенными там абстрактными «зонами ближайшего развития (ЗБР)» студента [3].

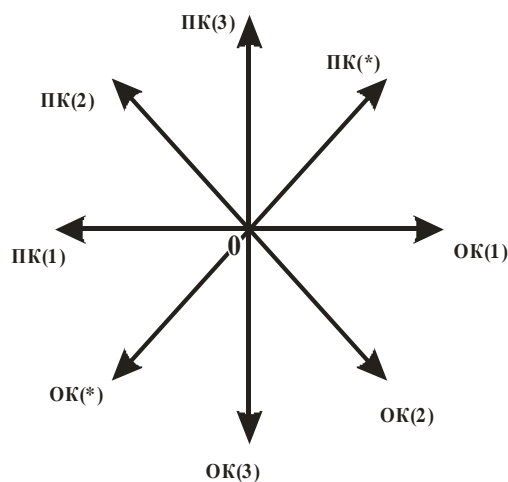


Рис. 6. Модель векторного поля компетенций, определяющих профиль подготовки инженера

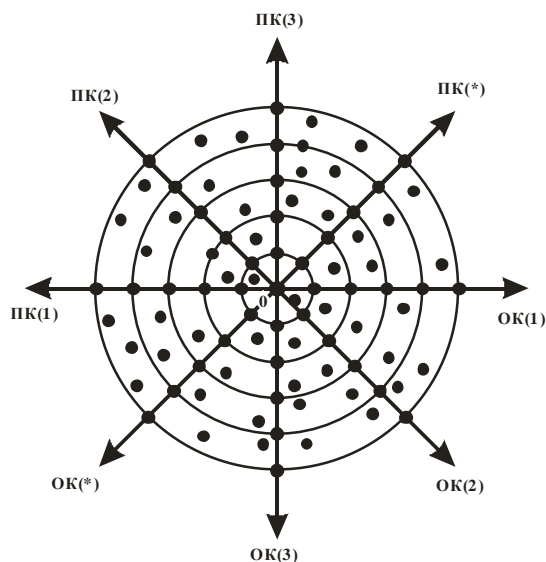


Рис. 7. Модель пространства учебных проблем специальности с выделенными ЗБР

Очевидно, наличие специально организованного МПУП в составе дидактической системы позволяет организовать учебный процесс по технологии подготовки в метрическом компетентностном формате (МКФ) с учетом ЗБР студента [5]. На практике это означает, что в ходе подготовки на актуальный момент времени у каждого специалиста имеется свой профиль достижений в преодолении сложности учебных проблем. На рис.8 приводятся профили S1 и S2 достижений студента в ходе его профессионального развития на разные моменты времени. На этом же рисунке, через S3 обозначен требуемый абстрактный профиль достижений инженера, который востребован в индустриальной инженерии на сегодняшний день (формируется экспертом). Таким образом, в дидактических системах с технологией подготовки в МКФ задается «порок» достижений (академическая компетентность) которая, свидетельствует о конкурентоспособности инженера на рынке труда.

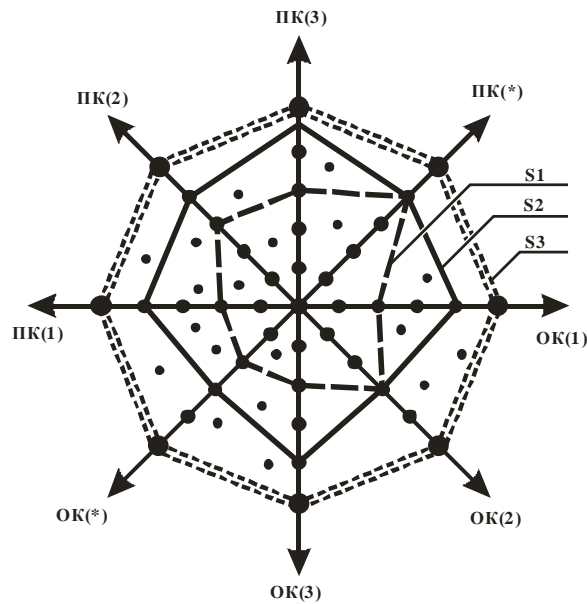


Рис. 8. Профили S1, S2 - характеристики профессиональных достижений студента на поле компетенций, профиль S3 – порог достижения академической компетентности

Экспертная оценка сложности учебных проблем

В индустрии, инженер предназначен для решения потока профессиональных проблем разной сложности. При этом, каждый инженер оценивает сложность проблемы субъективно через трудность решения им этой проблемы. Это означает, что у каждого инженера в зависимости от уровня его профессионального развития своя субъективная оценка сложности проблемы. Например, некомпетентный инженер несложную проблему из-за недостаточности уровня усвоенных знаний и развитости способностей субъективно может посчитать сложной. В этой ситуации, на практике, возникает необходимость в наиболее объективной оценке сложности проблемы. Накопленный опыт показывает, что сложность проблемы можно оценить (в метриках) трудоемкостью (час/раб) разрешения этой проблемы лучшим специалистом (чемпионом-экспертом).

Как было сказано ранее, из функциональной модели деятельности инженера, при крупномасштабной декомпозиции процесс разрешения проблемы состоит из трех взаимосвязанных операций и соответствующих им трудностей:

1. Операция формализации проблемы, при которой инженер на основе своих знаний и умений (способностей) строит модель проблемной ситуации и далее преобразует проблему в комплекс известных ему задач. Очевидно, на этой операции у него возникает трудность формализации проблемы (А-трудность).

2. Операция конструирования (планирования) решения задач, полученных в результате первой операции. На этой операции из-за недостаточности усвоенных знаний и неразвитости способностей (умений) возникает трудность (В – трудность) планирования решения.

3. Операция исполнения, полученного на предыдущей операции, плана в реальной среде. На этой операции возникает трудность (С-трудность) реализации плана в среде.

Таким образом, в целом, каждый инженер оценивает сложность проблемы субъективно, исходя из совокупности ABC-трудности решения этой проблемы.

Очевидно, на практических и лабораторных занятиях студент не может объективно оценить сложность учебной проблемы, поэтому каждая такая проблема заранее должна быть оценена в (мин/раб) экспертом (преподавателем).

На рис.9 приводятся примеры представления заданий (учебных проблем) для студентов в дидактических системах с технологией подготовки в метрическом компетентностном формате (МКФ).

№ проблемы	Содержание проблемы	А-сложность (мин/раб)	В-сложность (мин/раб)	С-сложность (мин/раб)	Суммарная сложность (мин/раб)
П1	Описание проблемной ситуации	10	15	5	30
П2	Описание проблемной ситуации	15	10	15	40
П3	Описание проблемной ситуации	0	30	20	50
П4	Описание проблемной ситуации	10	0	0	10

Рис. 9. Примеры представления заданий в дидактических системах с технологией подготовки в МКФ

Для ясности рассмотрим содержательный пример учебной проблемы, приведенный в рамках дисциплины «Исследование операций». Проблема П1: пусть в нашем распоряжении находится какой-то запас средств (ресурсов) R , который должен быть распределен между n предприятиями $r(1), r(2), \dots, r(n)$. Каждое из предприятий $r(i)$ при вложении в него каких-то средств x приносит доход, зависящий от x , заданной некоторой неубывающей функцией $f(i, x)$, $i=1, n$. Вопрос? Как распределить средства R между предприятиями, чтобы в сумме они дали максимальный доход.

В целом, проблема может быть решена на основе нескольких методик, но в независимости от использования какой-либо методики эксперт решает проблему в три операции:

1. На базе своих знаний и умений эксперт формализует (трансформирует) проблему в математическую задачу (трудоемкость операции формализации проблемы по оценке этого эксперта составляет 10 (мин/раб), т.е. $A=10$ (мин/раб)).

2. Также на базе своих знаний и умений эксперт строит план (алгоритм) решения полученной задачи (трудоемкость операции конструирования проблемы эксперт оценивает, как 15 (мин/раб), т.е. $B=15$ (мин/раб)).

3. Наконец, на базе своих знаний и умений эксперт исполняет алгоритм решения в виртуально-реальной среде, т.е. делает вычисления и получает результат для принятия решения (трудоемкость операции исполнения проблемы эксперт оценивает в 5 (мин/раб), т.е. $C=5$ (мин/раб)).

Таким образом, в целом, сложность (ABC-трудность) решения проблемы П1 составляет 30 (мин/раб) эксперта: $A=10$ (мин/раб), $B=15$ (мин/раб), $C=5$ (мин/раб).

Экспертная оценка сложности вопросов теста на полноту и целостность, усвоенных знаний

Сложность теста (трудоемкость в минутах / работы) оценивается экспертом, т.е. устанавливается, за сколько минут непрерывной работы эксперт способен ответить на все вопросы теста. В целом, методика оценки следующая:

1. Оценивается трудоемкость ответа эксперта на один вопрос из теста, например, ему требуется 1 (мин/раб).

2. Тест, например, содержит 5 вопросов одинаковой сложности, случайным образом отобранных из базы вопросов, тогда $S(T) = 5$.

3. «Среднестатистическому» студенту для ответа, в целом, на тест требуется в 3 раза больше (мин/раб). Исходя из этого, на тест необходимо отпустить 15 (мин/раб).

Вопросы для оценки качества полноты (параметр POL) усвоенных знаний, это вопросы рода: «я знаю, что ...». Эти вопросы предназначены для проверки знаний типа: данных, фактов, определений, свойств объекта и т.д. в рамках предметной области. Например, вопросы на полноту усвоенных знаний в предметной области «Исследование операций» выглядят так:

1. Какие переменные в задачах динамического программирования называются фазовыми

а) переменные, которые могут не зависеть от времени;

*b) переменные, которые в каждый момент времени определяют состояние динамического процесса;

с) переменные, не зависящие от управляющих переменных.

2. Выберите верное утверждение:

а) фазовые переменные могут принимать только положительные значения;

*b) фазовые переменные зависят от времени;

*с) фазовые переменные зависят от выбора управления;

d) число фазовых переменных не может быть больше числа управлений.

3. Что такое траектория динамического процесса?

*a) значения фазовых переменных, зафиксированные в следующие друг за другом моменты времени;

b) значения фазовых переменных и управлений, зафиксированные в следующие друг за другом моменты времени;

с) значения целевой функции задачи динамического программирования, зафиксированные в следующие друг за другом моменты времени.

Вопросы для оценки качества целостности (CHL) усвоенных знаний – вопросы рода: «я знаю, как...», т.е. этими вопросами проверяются умения студента использовать знания в деятельности.

1. Как правильно записывается условие «шаговости» динамического процесса?

*a) $x^k = \varphi_{k-1}(x^{k-1}, u^{k-1}), k = \overline{1, n};$

b) $\varphi_k(x^k) = \varphi_{k-1}(x^{k-1}, u^{k-1}), k = \overline{1, n};$

с) $\varphi_k(x^k) = (x^{k-1}, u^{k-1}), k = \overline{1, n}.$

2. Какие из перечисленных функций являются аддитивными?

$$f(x) = 2x_1 + \sin^2 x_2 + x_3^5; \quad g(x) = \frac{\ln x_1 \cdot x_2}{\operatorname{tg} x_3} - x_1 e^{x_2};$$

$$h(x) = x_1 - \sqrt{x_2} + 7^{x_3}$$

а) только функция $f(x)$;

*b) функции $f(x)$ и $h(x)$;

с) ни одна из указанных функций не аддитивна;

d) все приведенные функции аддитивны.

3. Должна ли функция, являющаяся решением задачи динамического программирования, достигать максимальных значений в каждой точке оптимальной траектории?

*a) нет;

b) да;

с) только в том случае, когда управляющие воздействия являются явными функциями времени.

Техника оценки глубины усвоенных знаний студента

Как следует из функциональной модели инженера (см. рис. 1) знания при решении проблем играют роль механизма, т.е. по модели вход (проблема сложности S) преобразуется человеком в выход (в результат) под управлением его АВС-способностей с помощью его механизма (знаний). Очевидно, что как любой функционирующий в природе механизм знания должны обладать свойствами полноты и целостности. Это на практике означает, что АВС-способности инженера реализуются, как умения решать проблемы только в случае, когда инженер обладает знаниями в их полноте и целостности одновременно. Разумеется, знания и умения инженера между собой коррелированы. Из статистических данных следует, что в принципе, можно оценить умения инженера по его знаниям (например, по результатам традиционного теста), но только тогда, когда речь идет о решении несложных проблем. Оценить же умения инженера разрешат сложные проблемы возможно, только через оценку глубины его знаний. Глубина (характеризующий параметр Z) знаний инженера вычисляется как произведение значений $Z = POL * CHL$. Разумеется, что значения параметров POL и CHL находятся в интервале от 0 до 1. При этом, коэффициент корреляции (K) между «умениями» и «глубиной знаний» можно рассматривать как показатель надежности оценки его «умений». Поэтому, в принципе, можно предсказать, что инженер владеет компетенцией с показателем качества Z (результаты тестирования на полноту и целостность) с надежностью K . Из статистики следует, что в среднем $K = 0,86$. Приведем пример (см. пункт 8), допустим, студент из трех вопросов на полноту ответил правильно на два вопроса, т.е. параметр $POL = 2/3 = 0,75$, а на целостность владения знаниями из трех вопросов ответил правильно на 1 вопрос, т.е. параметр $CHL = 1/3 = 0,33$. Таким образом, значение параметра глубины знаний $Z = POL * CHL = 0,75 * 0,33 = 0,248$ с надежностью 0,86.

Условия быстрого профессионального развития

Как утверждается в психологии, скорость развития в основном зависит от трех групп факторов: наследственности, среды и воспитания. Опыт показывает, эффективность обучения с целью обеспечения быстрого роста АВС – способностей, т.е. обеспечения быстрого профессионального развития, должно быть построено с учетом минимум факторов $\Phi_1 - \Phi_{10}$ (рис.10).

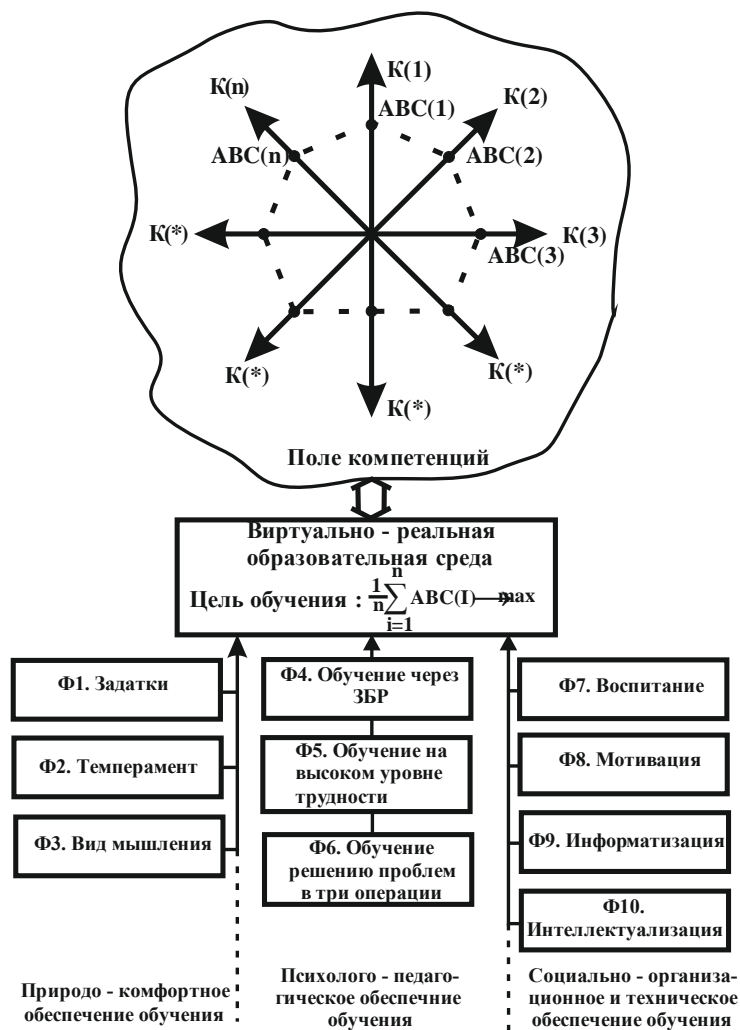


Рис.10. Основные факторы, влияющие на эффективность обучения

Формирование учебного материала для виртуально – реальной образовательной среды с учетом факторов Ф2 и Ф3 является одной из самых сложных задач. В основе такого формирования должны лежать следующие статистически не опровергнутые закономерности.

1. На рис.11 приводятся среднестатистические данные, полученные на студентах (будущих IT- инженерах) при испытаниях на тестах сложности от 5 (мин/раб) до 15(мин/раб) эксперта. Разумеется, это сравнение производится при прочих равных условиях.

Темперамент студента	Сложность теста Т(S) по оценке эксперта	Продолжительность теста для студента без влияния на качество
Холерик	15 (мин/раб)	$S(T) * 2,1$
Сангвиник	15 (мин/раб)	$S(T) * 2,2$
Флегматик	15 (мин/раб)	$S(T) * 2,7$
Меланхолик	15 (мин/раб)	$S(T) * 3$

Рис. 11. Продолжительность тестирования в зависимости от темперамента

2. Всех студентов можно условно разделить на три устойчивых класса: формализаторы, конструктивисты, исполнители [3]. Опыт показывает, что по своей природе при «решении проблем в три операции» формализаторы специализировались на первой операции, т.е. на формализации. Из статистики следует, что все остальные операции, т.е. конструирование и исполнение они делают устойчиво хуже. Причина этого явления, по-видимому, кроется в виде мышления. Они, как правило, являются обладателями абстрактного (теоретического) мышления и оперируют главным образом общими понятиями, широкими категориями. Формализаторы прекрасно воспринимают электронный материал (знания) в формате концептуальных моделей, умеют преобразовывать сложные проблемы в конкретные задачи.

Конструктивисты – обладатели конкретно – образного мышления, легко воплощают концептуальные модели в конкретные образы. Успешно усваивают знания в формате эскизных проектов, умеют строить детальные планы решения сложных задач.

Исполнители как обладатели конкретно-действенного мышления умеют реализовать сложные планы в среде. Легко усваивают знания, представленные в формате инструкций, планов, алгоритмов. Они отличаются выраженной наблюдательностью и вниманием к деталям.

Как правило, в группе студентов присутствуют представители с разными видами мышления. Из статистических данных следует [3], что эвристический закон распределения (гистограмма) их количества в группе по определенному направлению подготовки, практически устойчив. Следует особо отметить, что небольшая часть студентов не проявляют устойчивость и не входят в определенный класс. На рис.12 приводится усредненные статистические данные за 10 лет подготовки студентов по направлению «информационные системы и технологии».

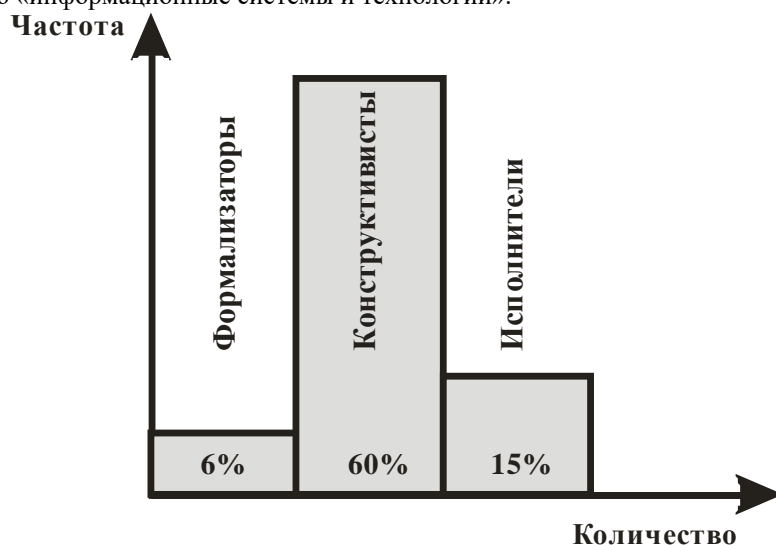


Рис.12. Гистограмма распределения

Разумеется, из требования доступности материала по виду мышления следует, что электронные образовательные ресурсы техногенной образовательной среды должны быть спроектированы так, чтобы по формату представления удовлетворяли всех участников обучения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 15-07-05761).

Литература

1. Дьяконов Г.С., Жураковский В.М., Иванов В.Г., Кондратьев В.В., Кузнецов А.М., Нуриев Н.К. Подготовка инженера в реально-виртуальной среде опережающего обучения. Казань: КГТУ, 2009. 404 с.
2. Нуриев Н.К., Журбенко Л.Н., Шакиров Р.Ф., Хайруллина Э.Р., Старыгина С.Д., Абуталипов А.Р. Методология проектирования дидактических систем нового поколения. Казань, Центр инновационных технологий, 2009. 456 с.
3. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Цифровая модель деятельностного потенциала инженера // Альма-Матер. 2011. № 10. С.49-55.
4. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Ахметшин Д.А. Алгоритм оценки качества владения компетенцией на основе показателя глубины усвоенных знаний // Альма-Матер. 2015. № 11. С. 64-67.
5. Старыгина С.Д., Нуриев Н.К. Дидактическая инженерия как метрико-ориентированная методология инженерного образования // Educational Technology & Society – 2014 (<http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>) - V.17. - N 3. – С. 569 – 582 с. – ISSN 1436-4522.
6. Крылов Д.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Дидактическая инженерия как методология техногенной образовательной среды // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2015. № 7(16). Часть 4. С.62-64.
7. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Проектирование smart –системы для поддержки обучения «двойной диплом» // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2012. № 19. С.253-257.
8. Выготский Л.С. Педагогическая психология. М.: Педагогика, 1991. С. 386.
9. Обучение и развитие / Под ред. Л. В. Занкова М.: Педагогика, 1975.