

Проектирование smart образовательных систем с цифровыми технологиями

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

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

Печеный Евгений Абрамович
доцент, к.т.н., доцент кафедры информатики и прикладной математики,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. К.Маркса, 68, г. Казань, 420015, (843)2314119
platova51@mail.ru

Обади Абдулфаттах Али Мохсен
аспирант кафедры информатики и прикладной математики,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, (843)2314119
19fattah86@mail.ru

Аннотация

Проведен системный анализ процесса решения проблем человеком и построена принципиальная модель этого процесса. Определены интегративные показатели способностей, выявлена их роль, а также знаний в развитии деятельностного потенциала человека. Разработана математическая модель развития деятельностного потенциала человека в псевдофазовом пространстве, которая представлена в виде многомерного временного ряда. Спроектирована методологическая модель как инновационная платформа, в рамках которой могут быть разработаны дидактические системы нового поколения с цифровыми технологиями «развивающего обучения». Показано, что на этой платформе могут быть разработаны классы автоматизированных и автоматических smart систем on-line обучения.

A system analysis of the process of solving human problems has been carried out and a basic model of this process has been built. The integrative indicators of abilities were determined, their role was revealed, as well as knowledge in the development of human activity potential. A mathematical model of the development of human activity potential in the pseudo-phase space, which is presented in the form of a multidimensional time series, has been developed. A methodological model has been designed as an innovative platform, within the framework of which new-generation didactic systems with digital technologies of “developmental education” can be developed. It is shown that classes of automated and automatic smart on-line learning systems can be developed on this platform.

Ключевые слова

онлайн-система, smart-система, проектирование, дидактическая инженерия, методологическая модель
online-system, smart-system, designing, didactic engineering, methodological model

Введение

Дидактическая инженерия – это методология (теория, практика, диагностика) организации деятельности по решению педагогических проблем на основе модельного подхода с привлечением инженерных и математических методов. В рамках дидактической инженерии рассматриваются задачи по созданию новых обучающих систем с цифровыми технологиями, а также с системами диагностики и управления качеством подготовки, работающих в автоматизированном режиме в реально – виртуальной среде [1 – 5].

При организации подготовки по цифровым технологиям необходимо formalизовать весь комплекс взаимосвязанных процессов, т.е. обучение, диагностику, управление до алгоритма. В тоже время, для эффективной подготовки, в технологиях дидактической инженерии в formalизованном и оцифрованном виде должны быть заложены фундаментальные принципы и закономерности, установленные в педагогике, психологии, кибернетике. К таким закономерностям, в первую очередь, могут быть отнесены: обучение с соблюдения принципа природосообразности (Ян Коменский [6]); обучение в «зоне ближайшего развития» (Л. С. Выготский [7]); обучение «на высоком уровне трудности» (Л. В. Занков [8]); обучение и управление с соблюдением «закона необходимого разнообразия» (Уильям Эшби [9]). Для оценки качества подготовки, необходимо представить в оцифрованном виде таксономию Блума [10]. В целом, в рамках дидактической инженерии, проблема организации эффективной подготовки может быть сформулирована так: необходимо «человеческие» методики обучения, диагностики, управления перевести на эффективные «компьютерные» технологии самоподготовки. В свете сказанного необходимо решить следующие основные задачи.

1. Построить цифровую модель развития деятельностного потенциала человека.
2. Разработать математическую модель развития деятельностного потенциала человека в процессе решения проблем из его «зоны ближайшего развития» на фоне усвоения им знаний.
3. Построить модель для оценки вероятности случайного события «успешно решить проблему определенной сложности».
4. Разработать цифровую модель для оценки сложности проблемы в системе профессиональной трудности.
5. Построить цифровую модель для оценки качества сформированности знаний.
6. На основе результатов решения задач 1-5, разработать методологическую модель – платформу для проектирования дидактических систем нового поколения с цифровыми технологиями.

Цифровая модель развития деятельностного потенциала

Весь свой жизненный цикл люди решают проблемы разного содержания и разной сложности. Поэтому образовательная система любой страны нацелена на

подготовку людей, способных разрешать проблемы как можно большей сложности. При этом каждый человек способен решать проблемы только до той сложности, которая соответствует его актуальному состоянию развития и природным данным. С точки зрения успешной деятельности, актуальное состояние развития человека характеризуется, прежде всего, уровнем развития определенных способностей и качеством сформированных у него знаний. Поэтому, необходимо установить, какие способности необходимы человека для успешного решения проблем, и какова роль знаний в этом процессе.

Как ни парадоксально это звучит, но все люди решают проблемы одним и тем же способом, т.е. организуют процесс, состоящий из трех укрупненных операций: формализация (А), конструирование (В), исполнение (С). На модели, этот процесс трансформации проблемы в результат можно представить с помощью диаграммы SADT [11] (рис. 1).

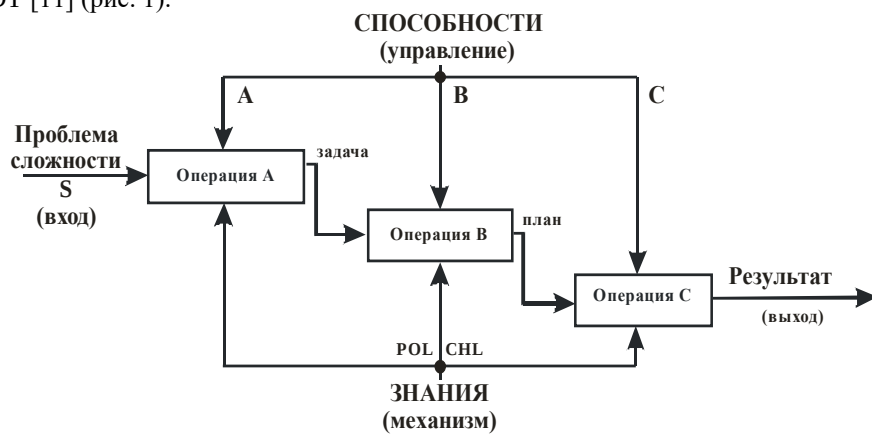


Рис. 1. Диаграмма трансформации человеком проблемы в результат

Как показано по этой диаграмме, человек решающий проблему, на первой операции (операция А) формализует эту проблему, т.е. создает ментальный образ проблемной ситуации в своей когнитивной сфере с представлением ее в виде задачи на основе своих знаний. Во второй операции (операция В), человек на основе своих знаний конструирует план решения этой задачи. И наконец, на третьей операции (операция С), человек на базе своих знаний и других ресурсов, реализует этот план в какой-то среде (реальной, виртуальной). Таким образом, проблема какой-то сложности S под управлением формализационных (А), конструктивных (В), исполнительских (С) способностей человека, на базе его знаний и через его деятельность преобразуется в успешный (положительный) или отрицательный результат. Положительность результата будет зависеть от уровней развития его А, В, С способностей и качества сформированных у него знаний $Z = (POL, CHL)$ на момент решения проблемы, где POL – характеризует информационную полноту знаний, а CHL – их структурную целостность. Переменная S характеризует сложность решаемой проблемы. Формально вероятность успешного результата $P(pos)$ можно представить через функционал

$$P(pos) = F(A, B, C, POL, CHL, S)$$

где, переменные A, B, C, POL, CHL, S являются интегративными характеристиками, т.е. эти переменные несут информацию «в себе» о «поведении» многих других характеристик, связанных с ними и находящиеся ниже в иерархической структуре организации системы. Следует подчеркнуть, что переменные A, B, C, POL, CHL являются зависимыми по своей природе, т.к. они из одной когнитивной подсистемы. В то же время, переменная S является от них независимым и увеличение значения

величины S уменьшает значение $P(pos)$. Таким образом, деятельностный потенциал человека на актуальный момент времени t характеризуется конкретным набором параметров

$$POT(t) = (A(t) = a, B(t) = b, C(t) = c, POL(t) = pol, CHL(t) = chl).$$

Для построения цифровой модели развития деятельностного потенциала человека, рассмотрим псевдофазовое (т.к. переменные, характеризующий потенциал являются зависимыми) пространство изменения характеристик A, B, C, POL, CHL (рис. 2).

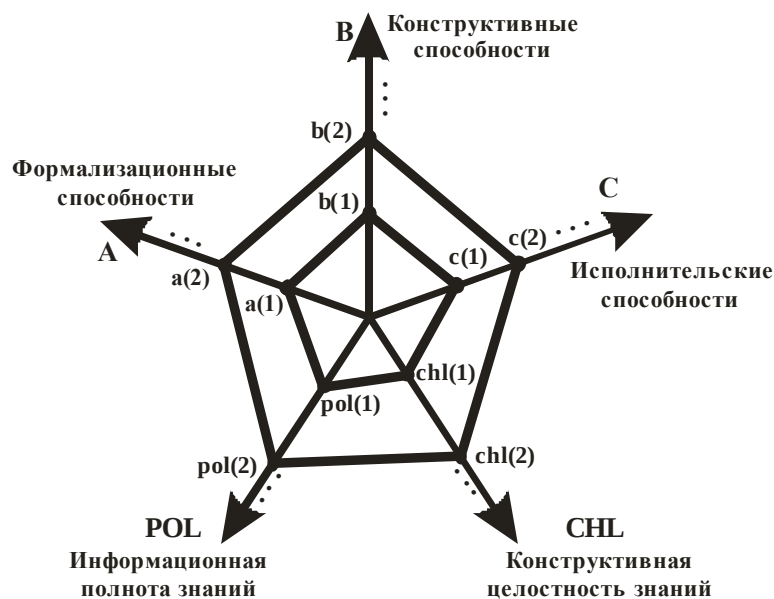


Рис. 2. Псевдофазовое пространство развития деятельностного потенциала

Согласно этому рисунку, деятельностный потенциал человека до момента t_1 , например, обучения был равен $POT(t_1) = (a(1), b(1), c(1), pol(1), chl(1))$, а после обучения (развития), т.е. в момент t_2 стал $POT(t_2) = (a(2), b(2), c(2), pol(2), chl(2))$. В контексте сказанного, цифровая модель развития деятельностного потенциала человека в псевдофазовом пространстве может быть представлена в виде пятимерного временного ряда (таблица 1).

Таблица 1.

Цифровая модель развития деятельностного потенциала

	1	2	3	* ...	n
A	a(1)	a(2)	a(3)	a(*)...	a(n)
B	b(1)	b(2)	b(3)	b(*)...	b(n)
C	c(1)	c(2)	c(3)	c(*)...	c(n)
POL	pol(1)	pol(2)	pol(3)	pol(*)...	pol(n)
CHL	chl(1)	chl(2)	chl(3)	chl(*)...	chl(n)

Цифровая модель соответствия деятельностного потенциала и сложности проблем

Очевидно, что любая проблема с объективной сложностью S , для человека решающего проблему через последовательность операций A, B, C испытывает три

типа трудностей. Эти трудности будут соответствовать этим операциям, т.е. SA – трудность формализации проблемы с преобразованием в задачу; SB – трудность конструирования плана для решения задачи; SC – трудность исполнения или реализации этого плана в какой-то среде (реальной, виртуальной).

Таким образом, этот процесс в модели можно представить как аддитивное «расщепление» сложности на трудности:

$$S = F(SA, SB, SC) = SA + SB + SC.$$

Как было сказано ранее, каждый человек способен (умеет) решать проблемы только до той сложности, которая соответствует его актуальному состоянию развития. На практике это означает, что каждому состоянию развития деятельного потенциала человека, например, $POT(*) = (a(*), b(*), c(*), pol(*), chl(*))$ соответствует своя предельная сложность проблем $S(*)$, которую он с единичной вероятностью (наверняка) способен решить, т.е.

$$P(pos) = F[a(*), b(*), c(*), pol(*), chl(*), S(*)] = 1.$$

В свете сказанного, цифровая модель развития деятельностного потенциала человека может быть дополнена соответствующими предельными трудностями (таблица 2).

Таблица 2.

Цифровая модель уровня развития деятельностного потенциала с соответствующими предельными трудностями

	1	2	3	...	n
A	a(1)	a(2)	a(3)	...	a(n)
B	b(1)	b(2)	b(3)	...	b(n)
C	c(1)	c(2)	c(3)	...	c(n)
POL	pol(1)	pol(2)	pol(3)	...	pol(n)
CHL	chl(1)	chl(2)	chl(3)	...	chl(n)
SA	sa(1)	sa(2)	sa(3)	...	sa(n)
SB	sb(1)	sb(2)	sb(3)	...	sb(n)
SC	sc(1)	sc(2)	sc(3)	...	sc(n)

Из этой модели следует тривиальный вывод, что об уровне развития деятельностного потенциала человека можно судить по сложности проблем, которые он способен решить на практике.

Для определения числовых значений этого многомерного временного ряда построим комплекс моделей изменения каждого из характеристик A, B, C (с учетом их зависимости). В модели эти изменения происходят только на фоне усвоения знаний и решения проблем из «зоны ближайшего развития». Эти уравнения можно записать как итеративные, т.е. уровень развития каждой из характеристик, на какой – то момент t с коэффициентом равным 1 зависит от предыдущего уровня развития этой характеристики, т.е. ее развития в момент $t - 1$, а также от других характеристик с разными весовыми коэффициентами.

$$A(t) = A(t-1) + a(1,2)*B(t-1) + a(1,3)*C(t-1) + a(1,4)*S(t)$$

$$B(t) = B(t-1) + a(2,2)*A(t-1) + a(2,3)*C(t-1) + a(2,4)*S(t)$$

$$C(t) = C(t-1) + a(3,2)*A(t-1) + a(3,3)*B(t-1) + a(3,4)*S(t)$$

На практике, неизвестные весовые коэффициенты в этих уравнениях можно определить, используя нейронную сеть (персептрон) на каждой итерации. Соответствующая схема персептрона приводится на рисунке 3. В рассматриваемом случае, схема персептрона малоразмерная и научить его можно в системе реального времени по ходу процесса. Это означает, что на персептроне можно «проиграть развитие ABC способностей», заранее зная начальное состояние $A(0)$, $B(0)$, $C(0)$, $S(0)$ развития человека и требуемое конечное состояние $A(n)$, $B(n)$, $C(n)$, $S(n)$ его развития.

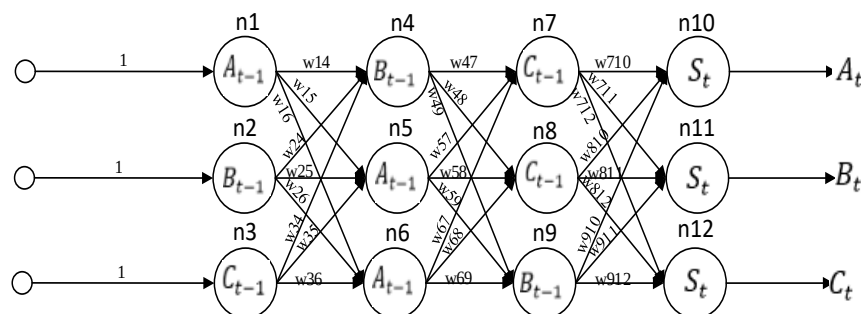


Рис. 3. Модель персептрона для нахождения коэффициентов

Таким образом, можно построить план – прогноз развития его деятельностного потенциала в соответствующей образовательной среде, исходя из состояния его начального развития. Очевидно, затем, уже исходя из разницы реальных результатов от «плановых», можно эффективно управлять этим процессом развития, создавая необходимую образовательную среду в автоматическом режиме. В целом, образовательная среда становится «умной», т.е. дидактическая система как генератор этой среды становится smart образовательной системой.

Модель для оценки вероятности случайного события «успешно решить проблему определенной сложности»

В рамках цифровой модели уровня развития деятельностного потенциала человека рассмотрим задачу: оценить значение вероятности решить им проблему сложности ($SA = sa, SB = sb, SC = sc$), если на актуальный момент его деятельностный потенциал характеризуется комплексом параметров ($A = a, B = b, C = c, POL = pol, CHL = chl$). Приближенное значение этой вероятности в дальнейшем назовем шансом успешно решить проблему. Такая необходимость возникает из следующих обстоятельств. Как было сказано ранее, человек разрешает любую проблему в три операции и в такой последовательности: формализация (A), конструирование (B), исполнение (C). Эти операции идут друг за другом, и успешность последующей операции зависит от успешности предыдущей. Очевидно, успешность выполнения первой операции является случайным событием, обозначим это событие через RA , а его вероятность обозначим через $P(RA)$. Второе случайное событие RB (успешность выполнения второй операции) произойдет, только в том случае, если произошло событие RA , поэтому вероятность можно записать так $P(RB|RA)$, т.е. вероятность события RB при условии, что RA произошло. Аналогично, введем случайное событие RC , а его вероятность запишем, как $P(RC|RA RB)$, т.е. это вероятность случайного события RC при условии, что события и RA и RB произошли. Разумеется, что с точки зрения теории и практики, нас интересует вопрос, а какова вероятность $P(RA*RB*RC)$, т.е. вероятность события, что человек с определенным потенциалом успешно разрешит проблему определенной сложности в целом. Из курса теории вероятности известно, что

вероятность произведения зависимых случайных событий $P(RA * RB * RC)$, можно расписать так:

$$P(RA * RB * RC) = P(RA) * P(RB | RA) * P(RC | RA * RB).$$

Следует отметить, что эта формула с точки зрения использования на практике для нас оказывается бесполезной, т.к. при попытке использовать эту формулу возникает новая задача, т.е. задача оценки значений условных вероятностей $P(RB | RA)$ и $P(RC | RA * RB)$, которую решить не легче, чем нами поставленную задачу. В этой ситуации, предлагается решить эту задачу следующим образом. Оценить вероятность произведения зависимых случайных событий $P(RA * RB * RC)$ через вероятность произведения $P_1(RA * RB * RC)$ независимых случайных событий, т.е. воспользоваться формулой другой формулой

$$P_1(RA * RB * RC) = P_1(RA) * P_1(RB) * P_1(RC).$$

В этом случае можно будет записать

$$P(RA * RB * RC) = P_1(RA * RB * RC) + E,$$

где через E – обозначена погрешность, которая получается при замене формул. Таким образом, на практике в качестве приближенного значения $P(RA * RB * RC)$ можно использовать значение $P_1(RA * RB * RC)$ и это приближенное значение мы будем называть шансом, т.е. шанс будет вычисляться по формуле:

$$H(RA * RB * RC) = P(RA) * P(RB) * P(RC).$$

Чтобы понять отличие между вероятностью и шансом в их значениях, рассмотрим демонстрационный пример. Рассмотрим два различных примера (пример 1 и пример 2).

Пример 1: допустим в урне 3 белых и 2 черных шара. Опыт со случайным выниманием шара из урны повторяем два раза друг за другом. Первый раз вынули шар, зафиксировали цвет и бросили снова в урну. Второй раз вынули шар, зафиксировали цвет и завершили опыт. Какова вероятность, что в первый раз шар был белого цвета, а во второй раз черного цвета. Обозначим через B – случайное событие появление белого шара в первый раз, а через $Ч$ – черного шара во второй раз. По условиям задачи $P(B) = 3/5$; $P(Ч) = 2/5$. Очевидно, результат второго раза ни как не зависит от результата первого раза, т.е. результаты «разов» независимы. Вычислим вероятность появления белого, а затем черного шара так: $P(БЧ) = P(B) * P(Ч) = 6/25 = 0,24$.

Пример 2: допустим в урне 3 белых и 2 черных шара. Опыт со случайным выниманием шара из урны повторяем два раза друг за другом. Первый раз вынули шар, зафиксировали цвет и отложили в сторону. Второй раз вынули шар, зафиксировали цвет и завершили опыт. Какова вероятность, что в первый раз шар был белого цвета, а во второй раз черного цвета. Обозначим через B – случайное событие появление белого шара в первый раз, а через $Ч$ – черного шара во второй раз. По условиям задачи $P(B) = 3/5$; $P(Ч | B) = 2/4$. Очевидно, результат второго раза зависит от результата первого раза, т.е. результаты «разов» зависимы. Вычислим вероятность появления белого, а затем черного шара так: $P(БЧ) = P(B) * P(Ч | B) = 6/20 = 0,3$.

По нашей договоренности, вероятность события $БЧ$, т.е. появления в первый раз белого, а во второй раз черного шара в условиях второго примера равно $P(БЧ) = 0,3$, а шанс $H(БЧ) = 0,24$. В рассмотренном случае значения вероятности и шанса отличаются на 0,06, т.е. погрешность замены равна $E = 0,06$.

Рассмотрим те же примеры, но увеличив размерность выборки в 10 раз:

Пример 3: допустим в урне 30 белых и 20 черных шара, т.е. $P(B) = 30/50$; $P(Ч) = 20/50$. Вероятность появления белого, а затем черного шара равна $P(БЧ) = P(B) * P(Ч) = 6/25 = 0,24$.

Пример 4: допустим в урне 30 белых и 20 черных шара, т.е. $P(B) = 3/5$; $P(Ч | B) = 20/49$. Вероятность появления белого, а затем черного шара равна $P(БЧ) = P(B) *$

$P(Ч | Б) = 60/245 = 0,2448$. В этом случае значения вероятности и шанса отличаются на 0,005, т.е. погрешность замены равна $E = 0,005$.

Из полученного результата можно сделать вывод: при больших выборках, такая замена практически не отразится на результатах вычислений.

Вычисление значения вероятности положительного решения человеком с определенным деятельностный потенциалом, проблему с определенной сложностью, предлагается вычислять как геометрические вероятности по формулам.

$$P(RA) = (1, \text{ если } a > sa \text{ или } a/sa, \text{ если } a < sa).$$

$$P(RB) = (1, \text{ если } b > sb \text{ или } b/sb, \text{ если } b < sb).$$

$$P(RC) = (1, \text{ если } c > sc \text{ или } c/sc, \text{ если } c < sc).$$

Через RA, RB, RC обозначены случайные события и их вероятности $P(RA)$, $P(RB)$, $P(RC)$ успешно завершить следующие операции: формализацию проблемы, конструирование плана решения, исполнение (реализацию) плана. Значение шанса успешно разрешить проблему в целом, обозначено через $H(RA * RB * RC)$.

$$H(RA * RB * RC) = P(RA) * P(RB) * P(RC) * KZ.$$

$$KZ = \text{SQR}(\text{POL} * \text{CHL}),$$

где величина KZ – показатель качества знаний, который вычисляется как среднее геометрическое из значения произведения $\text{POL} * \text{CHL}$.

Особо отметим, что переменные POL, CHL в вычислениях участвуют (значения их изменяется почти от 0 до 1), и они характеризуют проектно – конструктивный потенциал человека с точки зрения его знаний. В модели считается, что знания являются фоном (операционной средой) для развития ABC способностей и достигнутый уровень развития этих способностей уже предполагает $KZ = 1$. Это означает, что, если человек при решении проблемы сложности (sa, sb, sc), с потенциалом (a, b, c) имеет $P(RA) = 1$ и $P(RB) = 1$ и $P(RC) = 1$, то у него $KZ = 1$.

Рассмотрим пример, допустим, в условных единицах заданы значения всех переменных, соответствующие ситуации, т.е. $a = 5$, $sa = 3$, $b = 7$, $sb = 6$, $c = 3$, $sc = 9$, $pol = 0,97$, $chl = 0,84$. Проведем вычисления, и получим следующий результат: $P(RA) = 1$; $P(RB) = 1$; $P(RC) = 1/3$; $KZ = \text{SQR}(0,97 * 0,84) = 0,9$; $H(RA * RB * RC) = 1/3 * 0,9 = 0,3$. Можно сделать вывод, что у человека, имеющего деятельностный потенциал ($A = 5$; $B = 7$; $C = 3$; $POL = 0,97$; $CHL = 0,84$) шанс полностью решит проблему сложности ($SA = 3$; $SB = 6$; $SC = 9$) равен $H(RA * RB * RC) = 30\%$ из возможных 100%. Графическая интерпретация, рассмотренной ситуации приведена на рисунке 4.

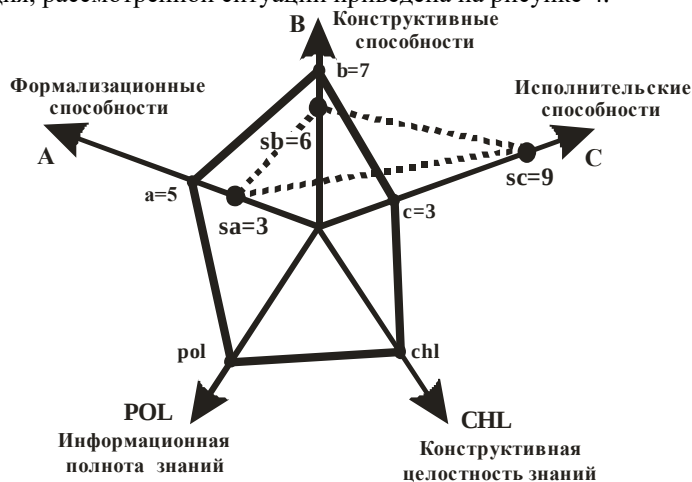


Рис. 4. Модель ситуации: шанс решить проблему сложности ($SA = 3$; $SB = 6$; $SC = 9$) человеку с потенциалом ($A = 5$; $B = 7$; $C = 3$; $POL = 0,97$; $CHL = 0,84$)

Рассмотрим еще пример, в которой деятельностный потенциал человека тот же самый, что на предыдущем примере, а сложности проблем другие.

Пример 5. Данные: $a = 5$, $sa = 10$, $b = 7$, $sb = 14$, $c = 3$, $sc = 6$; $pol = 0,97$; $chl = 0,84$

Решение. $P(RA) = 1/2$; $P(RB) = 1/2$; $P(RC) = 1/2$; $KZ = 0,9$; $H(RA*RB*RC) = 1/8 * 0,9 = 0,11$

В итоге, из результатов вычислений следует, что шанс у человека имеющий деятельностный потенциал ($A = 5$; $B = 7$; $C = 3$) решить проблему сложности ($SA = 10$; $SB = 14$; $SC = 6$) равен $H(RA*RB*RC) = 11\%$ из возможных 100% . Графическая интерпретация этой ситуации приведена на рисунке 5.

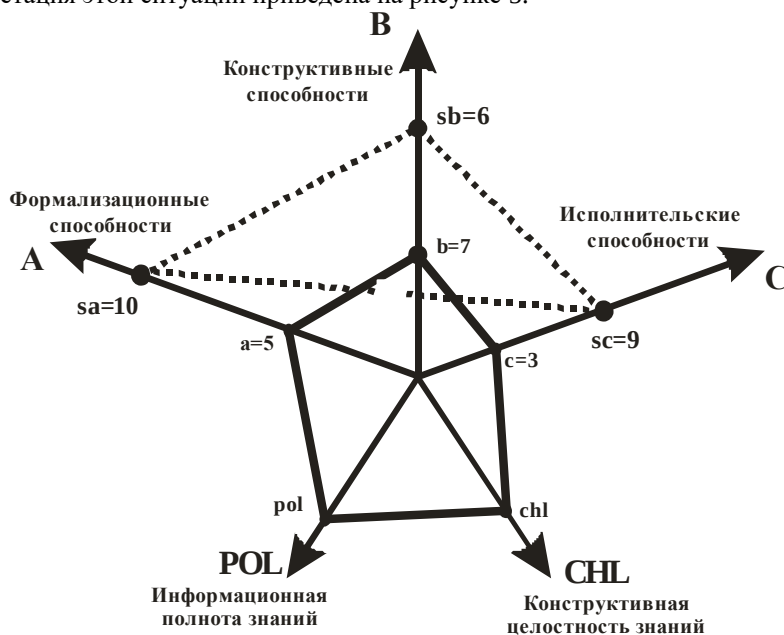


Рис. 5. Модель ситуации: шанс решить проблему сложности ($SA = 10$; $SB = 14$; $SC = 6$) человеку с потенциалом ($A = 5$; $B = 7$; $C = 3$; ; $POL = 0,97$; $CHL = 0,84$)

Цифровая модель для оценки сложности проблемы в системе профессиональной трудности

Введем оценку сложности проблемы в единой системе профессиональной трудности (назовем это в системе PD). Как это реализовать на практике покажем на примере. Допустим, имеется проблема x , сложности $S(x)$. Качественно оценить значение $S(x)$ может только эксперт (группа экспертов) через свою трудоемкость (мин/раб) ее решения. Пусть эксперт для решения проблемы x затратил tr (мин/раб). Будем считать, что сложность проблемы x , т.е. $S(x) = tr$. Значение tr будем представлять без физических размерностей, т.е. в условных единицах. Очевидно, что в тоже время условная величина tr не теряет смысла в реальном мире, например, в образовательном пространстве. Например, эксперт решил проблему x за 30(мин/раб), в системе PD будем считать сложность проблемы x равным 30, т.е. $S(x) = 30$. Разумеется, что если эксперт оценил $S(x)$, т.е. объективную сложность проблемы x через свою «субъективную» трудность tr , то бесспорно, что значение его tr будет ближе к $S(x)$, чем все остальные рядовые субъективные трудности для непрофессионалов. В целом, можно принять гипотезу, что во всем образовательном мире, все эксперты покажут примерно одинаковый результат (проверки по миру не

было, но локальные статистические данные эту гипотезу не опровергают). Это дает возможность введения в образовательное пространство любой страны единую систему профессиональной трудности, т.е. системы *PD* с оценкой сложности любого информационного материала экспертами.

Очевидно, что если сложность $S(x)$ проблемы x разложена на составляющие, т.е. $S(x) = SA(x) + SB(x) + SC(x)$, то приближенно можно считать, что $S(x)$ равно $tr(A) + tr(B) + tr(C)$.

Оценка качества сформированности знаний в системе PD

Знание это усвоенное и переработанное через сознание человека информация. По всей видимости, этот процесс происходит непрерывно с той или иной интенсивностью. Поэтому знание человека это непрерывно актуализируемая на сознательном и бессознательном уровнях открытая система типа информационной базы, со сложной структурой организации. Работоспособность любой базы, как правило, характеризуется ее информационной полнотой и ее структурной целостностью. В целом, это требование внутрисистемной структурной целостности знаний человека не позволяет их передавать другому человеку, т.е. можно передать из какого – то источника только информацию, но не знание. Затем, эта переданная информация уже уникальным образом будет структурироваться, и пристраиваться к предыдущим «знаниевым» структурам человека – приемника. При этом, разумеется, передаваемая информация тоже структурирована, но она структурирована в другом формате, и она может переформатироваться в знание с целостной структурой только в когнитивной сфере человека – приемника. Рассмотрим вербальную модель процесса передачи структурированной информации от какого-то источника (книга, учебный курс, человек) к приемнику – человеку с постепенным переформатированием информации через его сознание. В модели процесса формирования знаний представим как двухэтапный. На первом этапе в определенной мере (характеризующая переменная *POL*) воспринимается информация. Эта мера может быть оценена как часть от целой переданной информации, т.е., например, $POL = 0,6$ будет означать, что 60% переданной источником информации воспринято приемником. Будем считать, что качество воспринятой информации $POL = 0,6$. На втором этапе информация в определенной мере (характеризующая переменная *CHL*) структурируется в когнитивной сфере приемника. Мера целостности этой структуры (структурная целостность знаний) рассматривается относительно целостной структуры переданной информации, т.е., например, $CHL = 0,7$ будет означать, что у приемника на 70% знания структурированы или качество их структурной целостности $CHL = 0,7$. Следует особо подчеркнуть, что переменные *POL, CHL* являются латентными и зависимыми. В целом, их значения можно оценить только через тест, где сложность вопросов оценивается в системе *PD* [12, 13]. Также эмпирически установлено (статистика не отрицает), что при высоких значениях показателей качества знаний (значения *POL, CHL* близки к единице), человек приобретает способность вырабатывать новые знания [14].

Методологическая модель - платформа для проектирования систем нового поколения с цифровыми технологиями

Методологическая модель – это самый общий концептуальный план (карта) научно – обоснованный организации деятельности нацеленная на решение класса проблем из определенной предметной области. На платформе разработанной методологической модели может быть спроектирован класс дидактических систем нового поколения с цифровыми технологиями. На рис. 6 приводится эскиз проекта организации автоматизированного обучения студента на базе цифровой технологии, нацеленной на развитие *ABC* его способностей на фоне усвоения им информации. Согласно этому эскизу, студент за счет организованной учебной деятельности по цифровой технологии в *on – line* режиме, должен за определенный промежуток времени *T* нарастить свой деятельностный потенциал до предусмотренной учебным планом состояния. В числовых значениях это означает: деятельностный потенциал, который характеризуется комплексом числовых значений $POT(1) = (a1; b1; c1; pol1; chl1)$ за время *T* должен быть доведен до состояния с характеристиками $POT(2) = (a2; b2; c2; pol2; chl2)$.

При этом автоматизированная smart система в своем «эволюционном развитии» должна стать автоматической и полностью заменить преподавателя за счет формализации его деятельности.

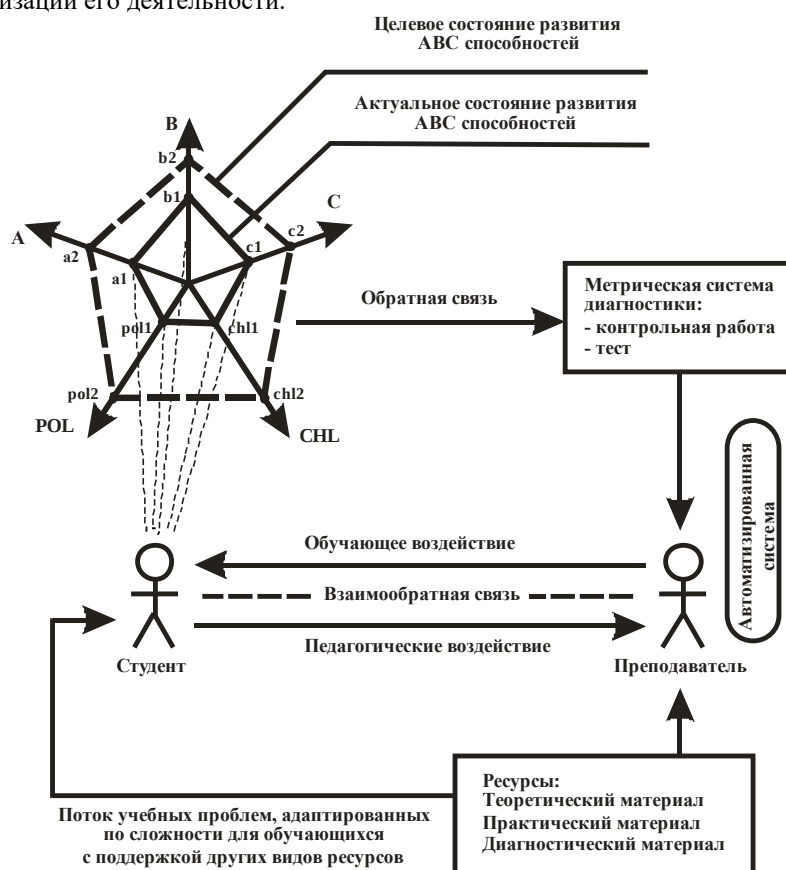


Рис. 6. Эскизный проект дидактической системы с цифровой технологией

Конкретные проекты реализации дидактических систем нового поколения с цифровыми технологиями приводятся в работах [15-21].

Следует заметить, что разработанная образовательная платформа для проектирования дидактических систем с цифровыми технологиями является уникальной в своем роде и не сводится к известным платформам (в России и за

рубежом), на которых построены системы автоматизированного, адаптивного, дистанционного обучения [22 - 25].

Выводы

1. На основе системного анализа построена модель и установлены идентификаторы, характеризующие деятельностный потенциал человека на актуальный момент времени.

2. Разработана математическая модель развития деятельностного потенциала человека с представлением его в виде многомерного временного ряда.

3. В псевдофазовом пространстве построена математическая модель, позволяющая оценить вероятность успешного решения проблем определенной сложности, человеком, имеющим определенный деятельностный потенциал.

4. Построена методологическая модель как инновационная платформа для разработки дидактических систем нового поколения с цифровыми технологиями обучения, предназначенные для использования в smart системах on – line подготовки.

Литература

1. Douady R. L'intenierie didactique: une methodologie privilegiee de la recherche // Proceedings of 11th PME Conference. Montreal, Canada. – 1987. Vol. 3. – P. 222-228.
2. Douady R. Didactic engineering. Learning and teaching mathematics: An international perspective // En. by T.Nunes & P.Bryant. – East Sussex: Psychology Press, 1997. – P. 373-401.
3. Artigue M. Didactic engineering. Recherches en Didactique des Mathematiques. – Special book ICME VII, 1992.
4. Дидактика и инженерия / М.А. Чошанов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 248 с.
5. Naur P., Randell B., Buxton J. Software Engineering: Conception & Techniques. Petrocelli / Charter, New York, 1976.
6. Коменский Я.А. Великая дидактика. 1939. – 321 с.
7. Выготский Л. С. // Вопросы психологии. – 2015. – № 4. – С. 119–135. (Выготский, Л.С. Педагогическая психология / Л.С. Выготский.– М.: Педагогика – Пресс, 1996. – 230 с.)
8. Занков, Л.В. Обучение и развитие / Л.В. Занков. – М.: Просвещение, 1975. – 275 с.
9. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. 2017. 430 с.
10. Bloom B. Taxonomy of educational objectives. The classification goals. – N.Y.David McKey Co, 1956.
11. Boehm B.W. A Spiral Model of Software Development and Enhancement. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, Aug. 1986.
12. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Гибадуллина Э.А. Дидактическая инженерия: проектирование систем обучения нового поколения // Интеграция образования. 2016. Т. 20. № 3 (84). С. 393-406. DOI: 10.15507/1991-9468.084.020.201603.393-406.
13. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Дидактическая инженерия: подготовка инженеров в техногенной образовательной среде //Образование и наука. 2016. № 9 (138). С.61-79. DOI: 10.17853/1994–5639–2016–9–61–79.
14. Беспалько В. П. Основы теории педагогических систем. - Воронеж, 1977.

15. Nuriev N.K., Nuriev A.N. Designing of the software web component of the didactic systems of the engineering education // International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). 2013. 354-358 pp.
16. Nuriev N.K., Starygina S.D. New didactic systems of the engineering education // International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). 2013. 345-350 pp.
17. Старыгина С.Д., Нуриев Н.К. Экспертиза качества результата тестирования // Инженерное образование. № 24. 2018. С. 186-192.
18. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Численная оценка продолжительности контрольного задания // Образовательные технологии общество. – 2019. – т.22. – № 1. – С.61-67.
19. Старыгина С.Д., Нуриев Н.К., Нургалиева А.А. Численная оценка качества учебных on-line курсов // Образовательные технологии общество. – 2019. – т.22. – № 1. – С.68-78.
20. Старыгина С.Д., Нуриев Н.К. Теоретические основы дидактической инженерии // Образовательные технологии общество. – 2019.– т.22. – № 1. – С.101-110.
21. Хузиахметова А.Р., Нуриев Н.К., Хузиахметова Р.Н. Оценка продолжительности тестирования в зависимости от сложности теста // Современные проблемы науки и образования. – 2019. - № 3. – 5 с.
22. Kolb A.Y. Experiential learning: Experience as the source of learning and development / D.A. Kolb. Vol.1. Englewood Cliffs. – NJ: Prentice-Hall, 1984. 256 p.
23. Erpenbeck J., Sauter W., Sauter S.. Qualifizierung mit Blended Learning. E-Learning and Blended Learning.//Springer Gabler, Wiesbaden, 2015 (https://doi.org/10.1007/978-3-658-10175-6_3)
24. Silverman Jason, Hoyos Veronica. Distance Learning, E-Learning and Blended Learning in Mathematics Education, Springer, 2018. — 219 p.
25. Jones, Christopher. Networked Learning. An Educational Paradigm for the Age of Digital Networks. Springer International Publishing Switzerland 2015, 249 p. (<https://doi.org/10.1007/978-3-319-01934-5>)