

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.6:311

М. В. Михайлов

МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Научно-техническая революция XX столетия привела к кардинальным изменениям в структуре производительных сил. На успешность предприятия оказывает все большее влияние квалификационная структура рабочей силы. К ней предъявляются другие, более высокие требования. Конкурентоспособность фирмы во многом зависит от опыта и знаний управленческого персонала. Требуются новые подходы в решении проблем организации и управления производством. Потребность высококвалифицированных кадров ставит новые задачи в области образования, повышения его качества. Роль человеческого фактора приобретает значение, которое трудно переоценить. Человек становится основным элементом национального богатства, движущей силой экономического роста.

Во второй половине XX в. получила бурное развитие теория человеческого капитала. Значительный вклад на этом этапе внесли Т. Шульц [1; 2] и Г. Беккер [3; 4], которые в продолжение идей В. Петти [5] и А. Смита [6] стали включать в понятие национального богатства способности человека к производительному труду, общие и профессиональные знания. Эти элементы обладают свойствами накопления, использования и получения дохода.

В эту теорию внесли вклад многие известные экономисты (У. Боуэн, М. Блауг, Й. Бен-Порэт, С. Боулс, Б. Вейсброд, Дж. Вейзи, М. Вудхолл, С. Дейзи, Дж. Кендрик, Б. Кикер, Р. Лэйард, Дж. Минцер, Ф. Махлуп, Л. Туроу, Ф. Уэлч, Б. Чизвик и др.). Среди наиболее значимых российских работ можно выделить исследования В. С. Автономова, А. И. Добрынина, С. А. Дятлова, Р. И. Капелюшникова, М. М. Критского, С. А. Курганского, Т. Г. Леоновой. Понятие «человеческий капитал» имеет постоянную прописку в экономической теории.

Михаил Витальевич МИХАЙЛОВ — канд. экон. наук, доцент кафедры экономической кибернетики СПбГУ. Окончил Ленинградский государственный университет в 1982 г. Защитил кандидатскую диссертацию в 1998 г. Область научных интересов — многокритериальное оценивание экономических объектов в условиях неопределенности и дефицита информации, имитационное моделирование экономических процессов. Автор более 30 научных и учебно-методических работ.

© М. В. Михайлов, 2012

В настоящий момент нет общепринятого определения понятия человеческого капитала. Можно выделить две группы экономистов, представители которых придерживаются принципиально разных позиций относительно того, что включать или не включать в это понятие. Экономисты первой группы придерживаются мнения, что важны лишь профессиональные навыки и приобретенные знания. Например, М. Блауг [7] предлагает рассматривать только инвестиции в профессиональные навыки людей. Ф. Махлуп [8] предлагает учитывать только те вложения в человека, которые усиливают его способности, Э. Дж. Долан и Д. Е. Линдсей [9] придерживаются того мнения, что человеческий капитал приобретается только через образование и опыт.

Представители второй группы экономистов, например С. А. Дятлов [10], предлагают включать в понятие человеческого капитала и самого человека, утверждая, что профессиональные навыки и человеческая личность неотделимы и не могут рассматриваться врозь. Эта точка зрения может быть подкреплена утверждением, что одни и те же вложения в человеческий капитал дают разный количественный и качественный результат по отношению к разным предметам вложений. Существующие системы образования неспособны производить рабочую силу с одинаковым человеческим капиталом при условии одинаковых инвестиций и вложений.

Для оценивания размера человеческого капитала существуют разные подходы. Один из них следует из определения человеческого капитала как совокупного размера инвестиций в рабочую силу в приведенной форме. Данный подход предполагает, что одинаковые инвестиции формируют одинаковый человеческий капитал, что является достаточно спорным. Другой подход предполагает использовать в качестве оценки человеческого капитала доход, полученный в течение всего срока жизни от применения этого человеческого капитала, в приведенной форме. Недостатком этого подхода следует указать проблемы в определении будущих доходов и выделении той части, которая определяется человеческим капиталом.

Формирование человеческого капитала является длительным многолетним процессом, состоящим из нескольких этапов. В общем случае этот процесс по времени соизмерим со сроком человеческой жизни, т. е. человеческий капитал постоянно пополняется знаниями, навыками, умением, опытом. На каждом этапе необходимо оценивать не только текущий размер человеческого капитала, но и его приращения.

Одним из основных этапов подготовки высокопрофессиональной рабочей силы является обучение в институтах высшего профессионального обучения. Затраты на обучение, безусловно, влияют на размер и качество человеческого капитала. Эти инвестиции в человеческий капитал производятся в надежде на получение максимально возможного прироста человеческого капитала как в количественном, так и в качественном отношении. На практике получается человеческий капитал, который отличается в зависимости от его обладателя. Конечно, здесь значительное влияние оказывает входной человеческий капитал. Существуют и другие факторы, которые оказывают существенное влияние на темп прироста человеческого капитала.

Традиционно оценивание прироста знаний в высших учебных заведениях осуществляется при помощи экспертных оценок. В качестве экспертов используется профессорско-преподавательский персонал как по месту обучения студентов, так и других институтов. Могут привлекаться ведущие сотрудники научно-исследовательских организаций, предприятий отраслей хозяйства. При этом используются различные формы оценивания: зачеты, экзамены, защиты курсовых и дипломных работ, коллок-

виумы, лабораторные работы, прохождение практики и т. д. В последнее время особую популярность приобрела такая форма контроля приобретенных знаний и навыков, как тестирование с использованием программно-аппаратных средств, призванных уменьшить человеческий субъективный фактор в этом важном и ответственном процессе. Для выставления отметок используются самые различные шкалы, призванные увеличить точность и достоверность получаемых оценок.

Экзаменационная отметка (балл, оценка) по отдельному учебному курсу по своей природе является сложной агрегированной оценкой знаний и навыков, полученных в процессе обучения. Эта оценка призвана оценить все стороны уровня подготовки специалиста по конкретному курсу. В течение экзаменационного тестирования экзаменатору-эксперту необходимо всесторонне оценить знания студента по конкретному предмету. С учетом ограниченного времени экзамена это достаточно сложная задача. Проведение письменной формы экзамена лишь отчасти может решить задачу всестороннего оценивания. Поэтому необходимо использовать и уже используется дополнительная информация, получаемая в процессе обучения. Почти каждый преподаватель реализует ту или иную форму (утвержденную, неутвержденную) текущего контроля, результатом которого является множество числовых и (или) нечисловых оценок. Даже в случае отсутствия такого контроля в процессе обучения преподаватель получает возможность сформировать свое представление о качестве подготовки отдельных студентов. Преподаватель-экзаменатор имеет преимущество перед просто экзаменатором, так как обладает дополнительной информацией, которую он получает в процессе проведения лекций, семинаров и других практических занятий по соответствующему учебному курсу для экзаменуемых студентов. В устной форме экзаменационного оценивания эта информация, как правило, используется при выставлении экзаменационной отметки. В этом случае последняя является агрегированной оценкой, достаточно точной и объективной оценкой уровня знаний, несмотря на далеко не формальный характер процесса обобщения. В письменной форме применение такой информации затруднительно. Поэтому для повышения качества оценивания полученных знаний необходимо генерировать интегральную оценку, обобщающую результаты текущего и экзаменационного контроля.

Среднее значение как общая оценка, агрегирующая множество оценок по отдельным элементам учебного процесса, находит широкое применение в практике оценивания подготовки специалиста. Например, средний балл, полученный студентом в процессе обучения, часто используется при ранжировании студентов при решении разных задач. Средневзвешенное значение позволяет получать более адекватное представление о подготовке специалиста. Взвешивающие коэффициенты (веса) указывают на значимость отдельных дисциплин в подготовке по конкретной специальности или специализации. К сожалению, получить обоснованную и достоверную информацию, позволяющую определить точные числовые значения весовых коэффициентов, довольно сложно.

Проблема заключается в выборе вектора весовых коэффициентов: $\{w_i\}_i^m = 1$, где m — количество критериев оценивания (элементов учебного процесса, по которым производится оценивание), из множества допустимых векторов $W = \left(\{w_i\}_i^m = 1 : w_i \geq 0, \sum_{i=1}^m w_i = 1 \right)$. Таким образом, вектор весовых коэффициентов

определяется неточно, приближенно, с точностью до множества W . Мы считаем, что это реальное отражение практической ситуации, когда можно лишь приблизительно оценить необходимые значения. Предлагаем заменить однозначный выбор вектора весовых коэффициентов многократной имитацией этого выбора, рандомизацией выбора. Эта процедура позволяет рассматривать искомый вектор как вектор случайных величин: $\{\tilde{w}_i\}_i^m = 1$. Здесь представляет интерес вопрос распределения, характеризующего выбор вектора этих случайных величин. У нас нет дополнительной информации, позволяющей сделать этот выбор. В отсутствие такой информации обычно принимается равномерное распределение. Действительно, у нас нет информации о предпочтениях в выборе вектора весовых коэффициентов. Любой вектор множества W не отличается в предпочтениях выбора от другого вектора этого множества. Для каждой случайной величины можно получить математическое ожидание и стандартное отклонение. Математическое ожидание (среднее) будем использовать в качестве числовой оценки отдельного весового коэффициента, а стандартное отклонение — как оценку точности числовой оценки весового коэффициента.

При определении множества допустимых весовых коэффициентов W может использоваться и дополнительная информация, позволяющая уточнять это множество и собственно сущность выстраиваемого средневзвешенного. Дополнительная информация может быть представлена в виде равенств и неравенств, например, иметь вид: числового равенства ($w_i = 0,21$), что зачастую трудно обосновать, числовых неравенств ($0,15 \leq w_i \leq 0,21$) или нечисловых неравенств ($w_i < w_j$). Последний случай открывает широкие возможности по обоснованному уточнению значений отдельных весовых коэффициентов. Например, не вызывает сомнения, что оценка, полученная на экзамене, в большей степени влияет на общую оценку, чем оценка за отдельный тест (из 15 внутрисеместровых тестов).

Использование рандомизированных весовых коэффициентов приводит к необходимости рассматривать средневзвешенное как случайную величину $\tilde{Q} = \sum_{i=q}^m \tilde{w}_i q_i$, где q_i — нормированное значение оценки отдельного элемента учебного процесса. Математическое ожидание $M\tilde{Q}$ можно использовать при оценивании полученных знаний в качестве числовой оценки, а стандартное отклонение $S\tilde{Q}$ — как оценку точности числовой оценки. Таким образом, использование рандомизированного средневзвешенного в качестве инструмента оценивания полученных знаний предполагает, что получаемые результаты оценивания являются приближенными, неточными. Это не умаляет их важности, так как во многих случаях и приближенные значения позволяют сделать вполне определенные выводы. Следует отметить, что экспертные оценки знаний и навыков, которые используются в качестве исходных данных, являются в сущности неточными, приближенными. Эксперт (экспертная комиссия) указывает числовую оценку с некоторым приближением (точностью). Это необходимо учитывать при получении агрегированных оценок полученных знаний, поэтому более корректно рассматривать следующую форму рандомизированного средневзвешенного: $\tilde{Q} = \sum_{i=q}^m \tilde{w}_i \tilde{q}_i$, где \tilde{q}_i — случайная величина.

Данный метод используется при оценивании успеваемости студентов по учебному курсу «Имитационное моделирование экономических систем» на протяжении ряда лет. В течение семестра студенты должны прослушать курс лекций, на практических

занятиях показать знания и навыки по созданию имитационных моделей, построить определенное количество имитационных моделей, провести эксперименты над ними для выполнения необходимых заданий и сдать курсовой экзамен. По каждому элементу учебного процесса проводится формальное оценивание с выставлением оценочных баллов, которые необходимы для определения итоговой аттестационной оценки. Структура этой оценки показана на рис. 1. Следует отметить, что приведенная иерархия будет отличаться для других учебных курсов, где используется иная система текущего и экзаменационного контроля.



Рис. 1. Иерархическая система оценивания подготовки по учебному курсу «Имитационное моделирование экономических систем».

В качестве примера оценивания по отдельному элементу системы рассмотрим оценивание подготовки на семинарских занятиях. На рис. 2 приведены результаты проведения семинарских занятий.

Модель оценивания подготовки по учебному курсу реализована в среде MS Excel 2010 в виде рекуррентных таблиц с использованием разработанных автором функциональных модулей в форме надстройки используемой среды. Пример основан на реальных данных 2010/11 учебного года для группы студентов (27 человек) 2007 г. поступления. Фамилии студентов не приводятся. Присутствие студента отмечается 0 или 1, а его активность — 0, 1, 2. Активность студента отмечается повышенным баллом за выступление у доски, за первенство в получении результатов на рабочем месте при построении заданных имитационных моделей, за ответы с места на поставленные вопросы. Минимальные и максимальные оценки, которые учитываются при аттестации, приведены в нижней части рис. 2.

При получении агрегированных оценок (рис. 3) по отдельным семинарам использовалась дополнительная информация: Присутствие < Активность, т. е. мы предполагаем, что активное проведение практической работы более важно, чем простое присутствие и «отбывание номера». В частности, Студент 2 на семинаре 22 апреля полу-

Атес...

Файл | Гла | Вст | Раз | Фор | Д

R3

	A	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
3		Семинары																		
4	ФИО	20 май	1 апр	8 апр	15 апр	22 апр	29 апр	6 май	13 май	20 май										
5		2 занятие 1 занятие	2 занятие 1 занятие	Приеугтегно Активност																
6	Студент 1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Студент 2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	2	1
8	Студент 3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	Студент 4	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
31	Студент 26	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
32	Студент 27	1	1	1	1	1	2	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	2	1
34	Минималь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	Максималь	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

55%

Рис. 2. Результаты проведения семинарских занятий.

Аттестация ...

Файл | Гла | Вст | Раз | Фор | Дан | Ре

J8

	BG	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ
4		Семинары							
5		1 апр	8 апр	15 апр	22 апр	29 апр	6 май	13 май	20 май
6	Студент 1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Студент 2	0,6	0,6	0	0	0,6	0,6	1	1
8	Студент 3	0	0	0	0	0	0	0	0,2
9	Студент 4	0,6	0,6	0	0	0	0	0,2	0,2
31	Студент 26	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
32	Студент 27	0,6	1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	1

Готово

55%

Рис. 3. Результаты оценивания учебной деятельности на семинарских занятиях (числовые оценки).

чает общую оценку 0,2 (активность = 0, минимальная), а на семинаре 13 мая — 1,0 (активность = 2, максимальная). Общая оценка за отсутствие на семинаре — 0,0. Это числовые оценки средневзвешенного элементов — присутствия и активности. Использование дополнительной информации позволяет получить числовые оценки весовых коэффициентов: для присутствия — 0,2; для активности — 0,8. Это средние значения всех допустимых значений с учетом дополнительной информации. Оценки точности (дисперсии) — 0,02 для всех полученных числовых оценок.

Неточность числовых оценок весовых коэффициентов позволяет получить лишь неточные числовые оценки, точность (дисперсии) которых приведена на рис. 4. Это обычная ситуация, когда результаты подготовки специалиста можно оценить приближенно, неточно, указав конкретное значение в среднем. Таким же свойством обладают и экспертные оценки преподавателей, когда они усредняют оценки по нескольким факторам оценивания.

	BG	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ
33 Студент 1		0	0	0	0	0	0	0	0
34 Студент 2		0,005	0,005	0	0	0,005	0,005	0	0
35 Студент 3		0	0	0	0	0	0	0	0,02
36 Студент 4		0,005	0,005	0	0	0	0	0,02	0,02
31 Студент 26		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
32 Студент 27		0,6	1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	1

Рис. 4. Результаты оценивания учебной деятельности на семинарских занятиях (оценки точности).

Полученные числовые оценки и оценки точности используются для получения обобщенной оценки по всем семинарам. В данном примере мы не учитываем дополнительную информацию о значимости отдельных семинаров. В общем случае ввод такой информации позволяет увеличить точность числовых оценок (уменьшаются значения оценок точности). В построенной модели предусмотрены и другие формы представления получаемых оценок. На рис. 5 показаны числовые оценки (среднее) и интервалы точности (макс., мин.) как отклонение от среднего на величину стандартного отклонения. Все студенты отсортированы в порядке убывания числовой оценки.

Предусмотрена и графическая форма представления этих данных. Диаграмма оценок представлена на рис. 6.

Оценивание по другим элементам учебного процесса осуществляется аналогично. Отличие заключается в использовании разных шкал оценивания. В частности, при оценивании ответов на экзаменационные вопросы используется стобалльная шкала. При этом предполагается, что ответы на теоретический вопрос более значимы для представления итоговой оценки, чем решение практической задачи.

Аттестация ...				
BE92				
	СI	СJ	СK	СL
65	Семинары	Макс	Мин	Средняя
66	Студент 11	0,8693	0,7243	0,7968
67	Студент 6	0,8191	0,6766	0,7479
68	Студент 25	0,765	0,535	0,65
69	Студент 24	0,7375	0,5614	0,6494
90	Студент 8	0,1578	0,0403	0,099
91	Студент 3	0,0579	0	0,0251
92	Студент 1	0	0	0

Рис. 5. Результаты оценивания учебной деятельности на семинарских занятиях в целом.

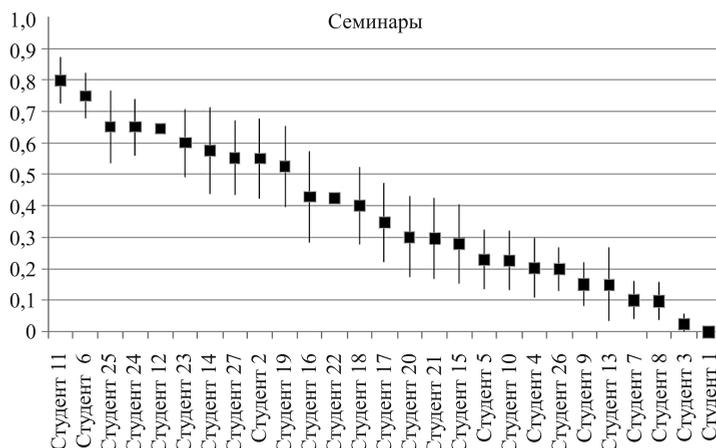


Рис. 6. Результаты оценивания учебной деятельности на семинарских занятиях в целом (диаграмма оценок).

Примечание: середины вертикальных отрезков — числовые оценки, длины вертикальных отрезков — двойное стандартное отклонение.

Результаты оценивания по элементам учебного процесса приведены на рис. 7.

При получении итоговой аттестационной оценки по учебному курсу используется дополнительная информация: Лекции < Семинары < Задания < Экзамен. Эти ограничения достаточно достоверно, по нашему мнению, отражают реальную значимость оцениваемых элементов учебного процесса при определении общей аттестационной оценки. При этом в модели формируются оценки весовых коэффициентов элементов

учебного процесса, графически представленные на рис. 8. Использование дополнительной информации дает вполне определенное числовое представление о значимости отдельных элементов учебного процесса. Значение 0,036 для числовой оценки весового коэффициента элемента «Лекции» не является заниженным, так как в нем учитывается только посещение лекционных занятий.

BG5		CB	CC	CD	CE
BG		Лекции	Семинары	Задания	Экзамен
6					
8	Студент 1	0,5	0	0,71	0,36
7	Студент 2	1	0,549	0,916	0,72
8	Студент 3	0,5	0,024	0,077	0
9	Студент 4	0,938	0,196	0,888	0,74
31	Студент 26	1	0,2	0,854	0,28
32	Студент 27	0,75	0,547	0,691	1

Рис. 7. Результаты оценивания по отдельным элементам учебной деятельности (числовые оценки).

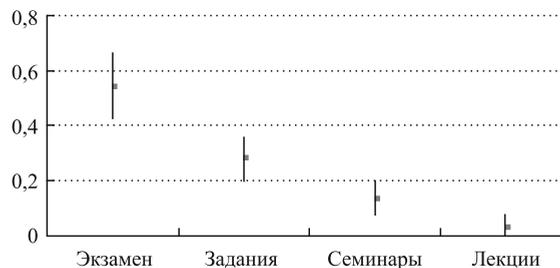


Рис. 8. Оценки весовых коэффициентов при построении итоговой аттестационной оценки.

Результаты итогового аттестационного оценивания приведены на рис. 9. Для удобства выставления формальных значений оценок, идущих в ведомость (шестибалльная шкала), проведены граничные горизонтальные линии. Например, числовые оценки, лежащие выше горизонтальной линии 0,85, указывают на возможность выставления в ведомости «отлично» (А). Студент 11 может оцениваться именно так. Более того,

оценка точности (\pm стандартное отклонение) убеждает в правомерности этого решения.

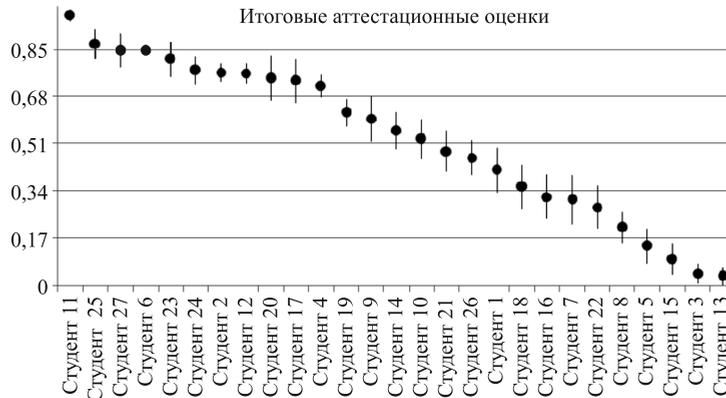


Рис. 9. Результаты итоговой аттестации.

Студент 25 получил более скромную оценку прироста его человеческого капитала. Принимая во внимание оценку точности, можно утверждать о достоверном предпочтении прироста Студента 11 по сравнению со Студентом 25. Здесь имеет смысл приподнять границу между оценками А и В, установив оценку в ведомости на уровне «хорошо» (В) следующим в ранжированном списке студентам.

Три студента, попадающие в группу «Студент 25 — Студент 4», имеют оценки (числовые и точности), указывающие на их практическую неразличимость по итоговой аттестационной оценке. Хотя они имеют, исходя из рассчитанных оценок, достоверно лучший результат по сравнению со Студентом 4, для всех студентов этой группы в ведомости можно указать оценку «хорошо» (В).

Достаточно легко принять решение для студентов, оценки которых попали в интервал меньше 0,17. С ними придется встретиться повторно для уточнения качества их подготовки.

Следует отметить, что использование непрерывной шкалы с возможностью выбора любого значения из заданного интервала дает больше информации, чем дискретная шкала. При переходе от первой к последней могут быть трудности в пограничных областях.

Полученные результаты могут быть использованы для измерений прироста человеческого капитала на определенном временном интервале. Например, для семестровых измерений необходимо построить модель рандомизированного средневзвешенного по всем учебным курсам, по которым студенты проходят подготовку в течение семестра. Эта модель предполагает использование множества векторов весовых коэффициентов, которое может быть уточнено имеющейся дополнительной информацией о важности отдельных учебных курсов в общей подготовке специалиста. Модели по разным специальностям отличаются не только по составу учебных курсов, но и по их значимости. В общем случае для студентов разных специальностей могут читаться одинаковые курсы, но их значимость при этом различается.

Рассмотренный подход не отрицает использование других методов и моделей оценивания человеческого капитала. В частности, для оценивания прироста человеческого капитала в течение учебного года по отдельным учебным дисциплинам могут применяться разные системы оценивания, результаты которых можно использовать для обобщения и получения агрегированных оценок методом рандомизированного средневзвешенного.

Литература

1. *Schultz T.* Capital Formation by Education // *Journal of Political Economy.* 1960. December. Vol. 68. P. 571–583.
2. *Schultz T.* Investment in Human Capital // *Economic Growth — An American Problem.* Englewood Cliffs, 1964. P. 48–116.
3. *Becker G. S.* Investment in Human Capital: a Theoretical Analysis // *Journal of Political Economy.* Supplement. 1962. October. P. 9–49.
4. *Becker G. S.* Human Capital: a Theoretical and Empirical Analysis. New York, 1964.
5. *Петти В.* Экономические и статистические работы. М., 1990.
6. *Смит А.* Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: Соцэкгиз, 1962.
7. *Blaug M.* Introduction to the Economics of Education. London, 1970.
8. *Machlup F.* The Economics of Information and Human Capital. Princeton, 1984.
9. *Долан Э. Дж., Линдсей Д. Е.* Рынок: микроэкономическая модель. СПб.: Экономическая школа, 1992.
10. *Дятлов С. А.* Основы теории человеческого капитала. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-т экономики и финансов, 1994.

Статья поступила в редакцию 31 октября 2011 г.