

УДК 33

Иванов И.А., Иванова С.И., Корниенко Н.А. Подходы к формированию математической модели оценки затрат времени на выполнение производственных действий в структурном подразделении образовательной организации

Approaches to the formation of a mathematical model for assessing the cost of time to perform production activities in a structural unit of an educational organization

Иванов Игорь Анатольевич

доктор педагогических наук, профессор, Сочинский государственный университет (г. Сочи)

Иванова Светлана Игоревна

обучающаяся по направлению 44.03.05, профиль “Математика и информатика”, Сочинский государственный университет (г. Сочи)

Корниенко Надежда Андреевна

обучающаяся магистратуры, программа “Менеджмент многоуровневой образовательной организации”, Сочинский государственный университет (г. Сочи)

Ivanov Igor Anatolievich

Doctor of Pedagogy, Professor, Sochi State University (Sochi)

Ivanova Svetlana Igorevna

studying in the direction 44.03.05, profile “Mathematics and Informatics”, Sochi State University (Sochi)

Kornienko Nadezhda Andreevna

Master's degree student, the program "Management of a multilevel educational organization", Sochi State University (Sochi)

Аннотация. Одной из важнейших проблем операционного менеджмента является решение вопросов качественного выполнения функций сотрудниками структурного подразделения. Как правило, ни у руководителя, ни у подчинённых, не возникает сомнений в необходимости совершенствования низового контура управления. При этом каждый из участников производственного процесса видит решение этой проблемы по-своему – в этом проблема, связанная с решением вопросов повышения качества и эффективности деятельности структурного подразделения. Вместе с тем, решение обозначенной проблемы видится в разработке адекватной математической модели, а на ее базе информационной модели, которые позволяют определить оптимальную структуру низового контура управления и рационально распределить функционал между сотрудниками структурного подразделения. Предлагаемый подход к математической модели строится на основе концептуального подхода, включающего два принципа – принцип логической завершенности производственного действия и принципа вложенности производственных действий. Этот подход позволил определённым образом классифицировать производственные действия, реализуемые в структурном подразделении, и получить адекватную эффективную математическую и информационную модели, которые позволяют решать широкий круг задач операционного менеджмента низового контура управления. Основой математической модели является аддитивная алгебраическая структура, следующая из концептуального подхода к определению понятия “производственное действие”. Основной величиной, используемой в математической модели, является время, затрачиваемое на выполнение производственных действий, реализуемых в структурном подразделении. В математической модели производится оценка времени на выполнение производственных действий различного уровня. Предложенная математическая модель обладает достаточной общностью и универсальностью. Она может использоваться в любых структурных подразделениях (не обязательно сферы образования), где выявлено свойство вложенности производственных действий. В этом ее теоретическая новизна и практическая значимость.

Ключевые слова: математическая модель, информационная модель, операционный менеджмент, контур управления, эффективность модели

Annotation. One of the most important problems of operational management is the solution of issues of high-quality performance of functions by employees of a structural unit. As a rule, neither the manager nor the subordinates have any

doubts about the need to improve the grassroots management circuit. At the same time, each of the participants in the production process of the lower management circuit sees the solution to this problem in different ways-this is another problem related to solving issues of improving the quality and efficiency of the structural unit. At the same time, the solution to this problem is seen in the development of an adequate mathematical model, and on its basis an information model that will allow determining the optimal structure of the grassroots management circuit and rationally distributing the functionality among the employees of the structural unit.

The proposed mathematical model is based on a conceptual approach that includes two principles-the principle of logical completeness of the production action and the principle of nesting of production actions. This approach allowed us to classify the production actions implemented in the structural division in a certain way and to obtain effective mathematical and information models that allow us to solve a wide range of tasks of operational management of the grass-roots management circuit. The basis of the mathematical model is an additive algebraic structure, which follows from the conceptual approach to the definition of the concept of "production action". The main value operated in the mathematical model is the time spent on performing production actions implemented in the structural unit. In the mathematical model, the time for performing production actions of various levels is estimated. The proposed mathematical model has sufficient generality and universality. It can be used in any structural divisions (not necessarily in the field of education), where the property of nesting of production actions is revealed. This is its theoretical novelty and practical significance.

Keywords: mathematical model, information model, operational management, control loop, model efficiency

Рецензент: Тлехурай-Берзегова Лариса Талибовна - Доктор экономических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет»

Одной из основных проблем операционного менеджмента является формирование эффективного контура управления низового уровня (его структуры, параметров и индикаторов эффективности деятельности). Несмотря на довольно обширное количество работ в этой области [2], [4], [6], [10], [11] и др. решить указанную проблему в полной мере пока не удаётся. Вместе с тем возможны различные подходы к решению указанной проблемы [9]. Одним из эффективных вариантов решения проблемы можно признать использование математических и информационных моделей [1], [3], [5], [8], [12], описывающих параметры низового контура управления. С помощью построенных моделей появляется возможность конструирования оптимальной структуры контура низового управления. Рассмотрим одну из таких математических и информационных моделей на примере разработки математической модели, описывающей деятельность структурного подразделения (деканата факультета).

Для построения математической модели сосредоточимся на определении одного из основных понятий, используемых в предлагаемой математической модели – понятие «*производственного действия*». Это *новое* понятие, не тождественное принятым в операционном менеджменте понятиям «производственный процесс» [13], «производственная операция», [14] «операция» [14], [15]. Понятие «производственное действие» не будем сводить к указанным выше понятиям. Как и в определении [14], так и в определении [15] с понятием «*операция*» связывается присутствие *одного* работника, *одного* рабочего места и т.д. В реальной практике работы сотрудника деканата подобного рода ограничения уже не существенны – конкретную операцию может делать

не один, а несколько работников, рабочее место работника может меняться, может потребоваться “переналадка” оборудования, т.е. указанные определения понятия операции оказываются не актуальны в современных условиях для работы деканата. В этой связи и вводится *новое* определение – определение понятия “производственное действие”. Это понятие концептуально основывается на двух принципах: *принципе логической завершенности производственного действия и принципе вложенности производственных действий.*

Обратимся к *конкретизации* производственных действий для формирования математической модели. В основу типологии “производственных действий” деканата положим *два* аспекта – работа деканата с *конкретным обучающимся* (“производственное действие” A_1) и работа деканата с академической *группой* (“производственное действие” A_2), т.е. *удалось укрупнённо* типизировать производственные действия деканата – это производственные действия так называемого “первого” уровня, связанные с производственными действиями для студента (A_1) и производственными действиями для академической группы (A_2). Объединение этих действий порождает производственное действие A_0 , т.е. $A_0 = A_1 \cup A_2$.

Примечание 1. В число производственных действий первого уровня включим также производственное действие A_3 – “*не регламентированные производственные действия деканата*”. Для производственного действия A_3 верно: $A_3 \cap A_1 = \emptyset$ и $A_3 \cap A_2 = \emptyset$. Так определённое производственное действие A_3 обеспечивает логическую полноту *всех* производственных действий первого уровня, осуществляемых в деканате, и справедливость равенства:

$$A_0 = A_1 \cup A_2 \cup A_3 = \bigcup_{i=1}^{i=3} A_i. \quad (1)$$

Примечание 2. У формулы (1) присутствует “*категориальный*” смысл – объединение всех производственных действий *первого* уровня – это не что иное, как *цель* функционирования структурного подразделения организации, т.е. “производственное действие” *нулевого* уровня A_0 – это *цель*, для реализации которой создано структурное подразделение.

Таблица 1

A_0 – “обеспечение деятельности факультета”		
A_i	$i=1$	A_1 – “формирование документов для <i>конкретного обучающегося</i> ”
	$i=2$	A_2 – “формирование документов для <i>конкретной академической группы</i> ”
	$i=3$	A_3 – “не регламентированные виды производственных действий <i>деканата</i> ”

В соответствии с принципом *вложенности* производственных действий производственные действия A_1, A_2, A_3 первого уровня включают производственные действия $A_{ij}, i=1, \dots, 3; j=1, \dots, j_s$ “второго” уровня (Таблица 2):

$$A_1 = \{ A_{11}, A_{12}, A_{13}, \dots \} = \{ A_{1j} \}, j=1, j_1,$$

$$A_2 = \{ A_{21}, A_{22}, A_{23}, \dots \} = \{ A_{2j} \}, j=1, j_2,$$

$$A_3 = \{ A_{31}, A_{32}, A_{33}, \dots \} = \{ A_{3j} \}, j=1, j_3.$$

Значения индексов j_1, j_2, j_3 определяются количеством производственных действий каждого вида производственных действий второго уровня в структуре деятельности структурного подразделения организации.

Применительно к деканату были выделены следующие производственные действия *второго* уровня с учётом [7]:

Таблица 2

A_1 – “формирование документов для <i>конкретного обучающегося</i> ”		
A_{1j}	$j=1$	A_{11} – “формирование проекта приказа”
	$j=2$	A_{12} – “формирование документов для организации учебного процесса”
	$j=3$	A_{13} – “не регламентированные виды производственных действий”

Таблица 3

A_2 – “формирование документов для <i>конкретной академической группы</i> ”		
A_{2j}	$j=1$	A_{21} – “формирование проекта приказа”
	$j=2$	A_{22} – “формирование документов для организации учебного процесса”
	$j=3$	A_{23} – “не регламентированные виды производственных действий”

Таблица 4

A_3 – “не регламентированные производственные действия <i>деканата</i> ”		
A_{3j}	$j=1$	A_{31} – “ ... ”

	$j=j_3$	A_{3j_3} – “ ... ”

Анализ этих действий привёл к выводу о возможности (!) выделения *трёх* идентичных групп производственных действий второго уровня:

- формирование проекта приказа (A_{11}, A_{21}),
- формирование документов для организации учебного процесса (A_{12}, A_{22}),
- не регламентированные виды производственных действий (A_{13}, A_{23}).

Каждое производственное действие $A_{ij} (i=1,2, j=1,3)$ *второго* уровня включает производственные действия A_{ijk} *третьего* уровня.

Рассмотрим, например, конкретизацию производственного действия второго уровня A_{11} – *формирование проекта приказа* (для обучающегося) через производственные действия *третьего* уровня $A_{11k}, k=1, \dots, 19$.

Таблица 5

A_1 – “формирование документов для конкретного обучающегося”		
A_{1j}	$j=1$	A_{11} – “формирование проекта приказа”
		$k=1$ A_{111} – “о переводе внутри вуза”
		$k=2$ A_{112} – “о переводе из другого вуза”
		$k=3$ A_{113} – “о восстановлении в число студентов ранее отчисленных студентов”
		$k=4$ A_{114} – “о предоставлении академического отпуска”
		$k=5$ A_{115} – “о выходе из академического отпуска”
		$k=6$ A_{116} – “об изменении фамилии”
		$k=7$ A_{117} – “об изменении гражданства”
		$k=8$ A_{118} – “о внесении изменений в приказ”
		$k=9$ A_{119} – “об отчислении за просрочку оплаты”
		$k=10$ $A_{11\ 10}$ – “об отчислении студента за академическую неуспеваемость”
		$k=11$ $A_{11\ 11}$ – “об отчислении студента по собственному желанию”
		$k=12$ $A_{11\ 12}$ – “об отчислении студента-иностранца по собственному желанию”
		$k=13$ $A_{11\ 13}$ – “об отчислении студента-иностранца за просрочку оплаты”
		$k=14$ $A_{11\ 14}$ – “об отчислении студента-иностранца за академическую неуспеваемость”
		$k=15$ $A_{11\ 15}$ – “о назначении социальной стипендии (малоимущие)”
		$k=16$ $A_{11\ 16}$ – “о назначении повышенной социальной стипендии (малоимущие)”
		$k=17$ $A_{11\ 17}$ – “о назначении повышенной стипендии по видам деятельности”
		$k=18$ $A_{11\ 18}$ – “о назначении социальной стипендии (сироты)”
$k=19$ $A_{11\ 19}$ – “о назначении социальной стипендии (инвалиды)”		

Как видно из *Таблицы 5* производственное действие A_{11} допускает некоторую *систематизацию*. В частности, можно выделить *группы* проектов приказов – перевод, восстановление, академический отпуск, изменение, отчисление, назначение стипендии (но в этой модели эта группировка не предусматривается в силу специфики предлагаемой математической модели).

Рассмотрим, например, конкретизацию производственного действия второго уровня A_{21} – *формирование проекта приказа* (для группы) через производственные действия *третьего* уровня A_{21k} , $k=1, 8$.

Таблица 6

A_2 – “формирование документов для конкретного обучающегося”		
A_{2j}	$j=1$	A_{21} – “формирование проекта приказа”
		$k=1$ A_{211} – “о формировании академической группы”
		$k=2$ A_{212} – “о назначении академической стипендии”
		$k=3$ A_{213} – “о назначении академической стипендии (1 семестр)”
		$k=4$ A_{214} – “о переводе на следующий курс студентов, успешно сдавших сессию”
		$k=5$ A_{215} – “о переводе на следующий курс условно переведённых студентов”
		$k=6$ A_{216} – “о допуске к ГИА”
		$k=7$ A_{217} – “об отчислении с дипломом”
		$k=8$ A_{218} – “о прекращении выплаты акад. стипендии при появлении академической задолженности или получении отметки удовлетворительно (на летней сессии)”

Наконец, рассмотрим, конкретизацию производственного действия третьего уровня, например, *формирование проекта приказа о переводе внутри вуза* (A_{111}) через производственные действия *четвёртого* уровня ($A_{111l}, l=1, \dots, 8$).

Таблица 7

A_1 – “формирование документов для <i>конкретного обучающегося</i> ”				
A_{ij}	$j=1$	A_{11} – “формирование проекта приказа”	$k=1$	A_{111} – “о переводе внутри вуза”
			$l=1$	A_{1111} – “приём заявления - регистрация - согласование декана”
			$l=2$	A_{1112} – “формирование протокола о переводе студента”
			$l=3$	A_{1113} – “согласование у членов комиссии протокола о переводе студента”
			$l=4$	A_{1114} – “согласование в УМУ протокола о переводе студента”
			$l=5$	A_{1115} – “формирование индивидуального плана ликвидации академической разницы в учебных планах”
			$l=6$	A_{1116} – “подготовка графика ликвидации академической разницы в учебных планах”
			$l=7$	A_{1117} – “ксерокопирование зачётной книжки”
			$l=8$	A_{1118} – “формирование проекта приказа”

Таким образом, в деятельности деканата мы выделяем производственные действия *четырёх* уровней:

0-уровень – *цель* деятельности структурного подразделения (A_0 , Таблица 1);

1-уровень – фактически *основные задачи*, стоящие перед структурным подразделением (A_i , в нашем случае $i=1, 2, 3$; Таблица 1);

2-уровень – подготовка *типов* документов, которые оформляются в деканате (A_{ij} , в нашем случае $i=1, 2, 3; j=1, 2, 3$; Таблица 2, Таблица 3, Таблица 4);

3-уровень – подготовка *видов* документов, соответствующих типам документов (A_{ijk} , в нашем случае $i=1, 2, 3; j=1, 2, 3; k=1, 2, \dots, k_{ij}$, Таблица 5, Таблица 6);

4-уровень – виды “операционной” деятельности сотрудника деканата по подготовке документов конкретного типа и вида (A_{ijkl} , в рассматриваемом случае $i=1, 2, 3; j=1, 2, 3; k=1, 2, \dots, k_{ij}; l=1, 2, \dots, l_{ijk}$, Таблица 7).

Иных уровней производственных действий в деятельности структурного подразделения не выявлено. Четырёхуровневая система производственных действий является *основой* для построения математической модели оценки времени, затрачиваемого на производственные действия в деканате.

Принципиальным аспектом в разработке математической модели является концепция *вложенности* производственных действий. Применительно к математической модели это означает суммирование значений времён, затрачиваемых на производственные действия низшего уровня (в нашем случае производственных действий четвёртого уровня) с последующим суммированием значений времён, затрачиваемых на производственные действия следующего и последующих уровней –

третьего, второго и первого. Заметим, теоретически обоснованного подхода к определению времени на выполнение производственных действий на текущий момент в операционном менеджменте не существует. Каждый операционист затрачивает разное время на выполнение одних и тех же производственных действий, поэтому в исследовании было предложено использовать среднее арифметическое значение времени, указанного сотрудниками деканата при выполнении одинаковых производственных действий.

Таблица 8

A_1 – “формирование документов для конкретного обучающегося”			t , мин.	
A_{1j}	$j=1$	A_{11} – “формирование проекта приказа”		
		$k=1$	A_{111} – “о переводе внутри вуза”	115
		$k=1$	$l=1$ A_{1111} – “приём заявления - регистрация - согласование декана”	3
		$l=2$ A_{1112} – “формирование протокола о переводе студента”	30	
		$l=3$ A_{1113} – “согласование с членами комиссии протокола о переводе студента”	5	
		$l=4$ A_{1114} – “согласование в УМУ протокола о переводе студента”	15	
		$l=5$ A_{1115} – “формирование индивидуального плана ликвидации академической разницы в учебных планах”	40	
		$l=6$ A_{1116} – “подготовка графика ликвидации академической разницы в учебных планах”	15	
		$l=7$ A_{1117} – “ксерокопирование зачётной книжки”	2	
$l=8$ A_{1118} – “формирование проекта приказа”	5			

Заметим, что специфика выделенных производственных действий в структурном подразделении позволяет их классифицировать в зависимости от вида планируемых затрат времени на их реализацию – инвариантные и вариативные производственные действия. К инвариантным относятся производственные действия A_{12} – формирование документов для организации учебного процесса для студентов и A_{22} – формирование документов для организации учебного процесса для академической группы. Время на их реализацию может быть определено заранее, например, в начале учебного года.

К вариативным относятся производственные действия A_{11} – формирование проектов приказов для студентов и A_{21} – формирование проектов приказов для академической группы, а также производственные действия A_3 и A_{13} , A_{23} – не регламентированные производственные действия. Время на их реализацию не может быть определено заранее. Речь может идти только о приблизительно планируемом времени на основе информации о затратах времени на эти производственные действия в предшествующие учебные года. Этот параметр имеет стохастический характер.

Вместе с тем, в математической модели нет различия между вариативными и инвариантными видами производственных действий.

Рассмотрим **математическую модель оценки времени на выполнение производственного действия A_1 – формирование документов для студента.** Производственное действие A_1 образует множество $A_1 = \{A_{11}, A_{12}, A_{13}\}$, где A_{11} – формирование проекта приказа на студента; A_{12} – формирование учебных документов для студентов; A_{13} – не регламентированные виды производственных действий, связанные с обработкой информации по студентам. Таким образом, множество производственных действий A_{ij} 2-го уровня для множества A_1 – это множество, состоящее из 3 подмножеств и, соответственно, множество T_1 значений временных промежутков $T_1 = \{T_{11}, T_{12}, T_{13}\}$, затраченных на реализацию элементов множества A_1 . Значения для времён T_{11}, T_{12}, T_{13} определяются соответствующим суммированием.

Особенностью формирования математической модели расчёта времени в этом случае является *различный уровень определённости информации* о количестве времени на выполнение производственных действий *третьего* уровня, и, соответственно, количества времени на выполнение производственного действия *второго* уровня.

1. Рассмотрим модель расчёта времени на реализацию производственного действия A_{11} *второго* уровня – *формирование проекта приказа для студента.*

Время, t_{11j} , затраченное на производственное действие A_{11j} *третьего* уровня на *одного* студента, составляет

$$t_{11j} = \sum_{k=1}^{n_4} t_{11jk}, \quad (2)$$

где n_4 – количество производственных действий *четвёртого* уровня при выполнении производственного действия A_{11j} *третьего* уровня на одного студента.

Время, затрачиваемое на производственные действия вида A_{11j} *третьего* уровня, зависит от конкретных ситуаций, связанных со студентом *лично* (перевод внутри вуза, перевод из другого вуза, восстановление в число студентов, предоставление академического отпуска и др.) и связано с количеством студентов n_{11j} .

Время T_{11j} реализации производственного действия A_{11j} в количестве n_{11j} “штук” может быть представлено в виде:

$$T_{11j} = n_{11j} \cdot t_{11j}, \quad (3)$$

Время T_{11} , затраченное на производственное действие A_{11} , составляет

$$T_{11} = \sum_{j=1}^{n_3} T_{11j}, \quad (4)$$

где n_3 – количество производственных действий при выполнении производственных действий A_{11j} третьего уровня.

2. Рассмотрим модель расчёта времени на реализацию производственного действия A_{12} второго уровня – *формирование учебных документов для студентов*. Особенностью формирования математической модели в этом случае является *достаточная определённость* информации о количестве времени для всех уровней производственных действий.

В структуре производственного действия A_{12} второго уровня очевидно присутствие *трёх* видов производственных действий третьего уровня:

- 1) формирование документов для первокурсников;
- 2) формирование документов для всех студентов по результатам сессии;
- 3) формирование справок и дубликатов документов (в случае их утери) для студентов.

В случае 1):

- формирование студенческого билета;
- формирование личной карточки;
- формирование учебной карточки;
- формирование зачётной книжки,

время T_{12j} на указанные производственные действия определяется как произведение

$$T_{12j} = n_{12j}^{(1)} \cdot t_{12j},$$

где $n_{12j}^{(1)}$ – количество принятых на первый курс студентов,

t_{12j} – время на выполнение операций производственного действия A_{12j} .

В случае 2):

- внесение данных в студенческий билет в текущем учебном году;
- внесение данных в учебную карточку в текущем учебном году;
- внесение данных в зачётную книжку в текущем учебном году,

время T_{12j} на указанные производственные действия определяется как произведение

$$T_{12j} = n_{12j}^{(2)} \cdot t_{12j}$$

где $n_{12j}^{(2)}$ – общее количество студентов на факультете,

В случае 3):

- формирование справок;
- формирование дубликата студенческого билета;
- формирование дубликата зачётной книжки,

время T_{12j} на указанные производственные действия определяется как произведение

$$T_{12j} = n_{12j}^{(3)} \cdot t_{12j},$$

где $n_{12j}^{(3)}$ – количество студентов, обратившихся в деканат для реализации указанных производственных действий.

Время T_{12} , затраченное на производственное действие A_{12} , составляет

$$T_{12} = \sum_{j=1}^{n_3} T_{12j}, \quad (5)$$

где n_3 – количество производственных действий при выполнении производственных действий A_{12j} третьего уровня.

3. Рассмотрим модель расчёта времени на реализацию производственного действия A_{13} *второго* уровня – *не регламентированные виды производственных действий на студента*. Особенностью формирования математической модели расчёта времени в этом случае является *неопределённость* количества времени для всех нижних уровней производственных действий. Но в любом случае время, затраченное на выполнение производственного действия A_{13} , будет определяться по одной из рассмотренных выше схем 1) или 2) в зависимости от вида запроса информации по студенту:

$$T_{13} = \sum_{j=1}^{n_3} T_{13j}. \quad (6)$$

Наконец, время T_1 , затраченное на производственное действие A_1 , составляет

$$T_1 = T_{11} + T_{12} + T_{13} = \sum_{i=1}^{n_2} T_{1i}, \quad (7)$$

где n_2 – количество производственных действий второго уровня,

T_{1i} – время на выполнение производственных действий A_{1i} , $i=1,3$ второго уровня.

Рассмотрим **математическую модель оценки времени на выполнение производственного действия A_2 – формирование документов для академической группы**. Производственное действие A_2 образует множество $A_2 = \{A_{21}, A_{22}, A_{23}\}$, где A_{21} – формирование проекта приказа на академическую группу; A_{22} – формирование учебных документов для академической группы; A_{23} – не регламентированные виды производственных действий, связанные с академической группой студентов. Таким образом, множество производственных действий A_{ij} 2-го уровня для множества A_2 – это множество, состоящее из 3 подмножеств соответственно, множество T_2 значений временных промежутков $T_2 = \{T_{21}, T_{22}, T_{23}\}$, затраченных на реализацию элементов множества A_2 . Значения для времён T_{21} , T_{22} , T_{23} определяются соответствующим суммированием.

Как и в случае с производственным действием A_1 существует различный уровень определённости информации о количестве времени на выполнение производственных действий *третьего* уровня, и, соответственно, количества времени на выполнение производственного действия *второго* уровня.

1. Рассмотрим модель расчёта времени на реализацию производственного действия A_{21} *второго* уровня – *формирование проекта приказа для академической группы*. Особенностью формирования математической модели расчёта времени на выполнение производственных действий *второго* уровня A_{21} является *полная определённость* затрат времени для выполнения производственных действий 3 и 2-го уровней.

Время t_{21j} , затраченное на производственное действие A_{21j} *третьего* уровня для *одной академической группы*, составляет

$$t_{21j} = \sum_{k=1}^{n_4} t_{21jk},$$

где n_4 – количество производственных действий при выполнении производственного действия A_{21j} *третьего* уровня на одну академическую группу.

Время, затрачиваемое на производственные действия вида A_{21j} *третьего* уровня зависит только от количества академических групп на факультете n_{21j} .

Время T_{21j} реализации производственного действия A_{21j} в количестве n_{21j} “штук” может быть представлено в виде:

$$T_{21j} = n_{21j} \cdot t_{21j},$$

Время T_{21} , затраченное на производственное действие A_{21} , составляет

$$T_{21} = \sum_{j=1}^{n_3} T_{21j}, \quad (8)$$

где n_3 – количество производственных действий при выполнении производственных действий A_{21j} *третьего* уровня.

2. Рассмотрим модель расчёта времени на реализацию производственного действия A_{22} *второго* уровня – *формирование учебных документов для академической группы*. Основной особенностью формирования математической модели расчёта времени на выполнение производственного действия *второго* уровня A_{22} является *достаточная определённость* количества времени для всех уровней производственных действий.

В структуре производственного действия A_{22} *второго* уровня очевидно присутствие *двух* видов производственных действий *третьего* уровня:

1) работа с документами академической группы (“бумажный вариант”);

2) формирование документов на академическую группу (“электронный вариант”).

В случае 1):

- формирование зачетно-экзаменационной ведомости;
- формирование сводной ведомости для ГЭК;
- формирование пакета документов для секретаря ГИА;
- передача документов по ГИА в отдел кадров;
- передача документов в архив

время T_{22j} на указанные производственные действия определяется как произведение

$$T_{22j} = n_{22j} \cdot t_{22j},$$

где n_{22j} – количество академических групп на факультете или количество выпускных групп на факультете,

t_{22j} – время на выполнение производственного действия A_{22j} .

В случае 2):

- внесение данных по студентам академической группы в базу данных “Ведомости”;
- внесение данных по студентам академической группы в базу данных “Деканат”;
- внесение данных по студентам академической группы в базу данных “Диплом”,

время T_{22j} на указанные производственные действия определяется как произведение

$$T_{22j} = n_{22j} \cdot t_{22j},$$

где n_{22j} – количество академических групп на факультете или количество выпускных групп на факультете, при этом время на выполнение производственного действия определено *не достаточно чётко* в связи с нестабильным форматом работы информационной системы вуза.

Время T_{22} , затраченное на производственное действие A_{22} , составляет

$$T_{22} = \sum_{j=1}^{n_3} T_{22j}, \quad (9)$$

где n_3 – количество производственных действий при выполнении производственных действий A_{22j} третьего уровня.

3. Рассмотрим модель расчёта времени на реализацию производственного действия A_{23} второго уровня – *не регламентированные виды производственных действий на академическую группу*. Особенностью формирования математической модели в этом случае является *неопределённость* количества времени для всех уровней производственных действий в связи с неизвестностью предполагаемых заданий. Тем не менее, время T_{23} , затраченное на выполнение производственного действия A_{23} , определяется по одной из рассмотренных выше схем 1) или 2) в зависимости от вида запроса информации по академическим группам.

Наконец, время T_2 , затраченное на производственное действие A_2 , составляет

$$T_2 = \sum_{i=1}^{n_2} T_{2i}, \quad (10)$$

где n_2 – количество производственных действий,

T_{2i} – время на выполнение производственных действий A_{2i} , $i=1, 2, 3$ второго уровня.

Рассмотрим математическую модель оценки времени на выполнение производственного действия A_3 – не регламентированные виды производственных действий деканата. Элементы множества A_3 конкретизируются по мере производственной необходимости (внешние и внутренние запросы, требования и т.д.). Таким образом, множество производственных действий 2-го уровня для множества A_3 – это множество, состоящее из k подмножеств вида A_{3k} : $A_3 = \{A_{31}, A_{32}, \dots, A_{3k}\}$, соответственно, множество T_3 временных промежутков $T_3 = \{T_{31}, T_{32}, \dots, T_{3k}\}$, затраченных на реализацию элементов множества A_3 . Особенностью формирования математической модели расчёта времени на выполнение производственного действия второго уровня A_{3i} является неопределённость количества времени для всех уровней производственных действий в связи с неопределённостью предполагаемого задания. Но в любом случае время T_{3i} , затраченное на выполнение производственного действия A_{3i} будет определяться по одной из рассмотренных выше схем.

Время T_3 , затраченное на производственное действие A_3 , составляет

$$T_3 = \sum_{i=1}^{n_2} T_{3i}, \quad (11)$$

где n_2 – количество производственных действий,

T_{3i} – время на выполнение производственных действий A_{3i} второго уровня.

Рассмотрим **математическую модель оценки времени на выполнение производственного действия A_0 – цель деятельности структурного подразделения.** Время T_0 функционирования этого вида производственной деятельности определено для конкретного временного интервала (в исследовании – учебный год). Для множества производственных действий 1-го уровня A_1, A_2, A_3 , таких, что $A_0 = \{A_1, A_2, A_3\}$ соответственно, **множество T_0** значений временных промежутков, затраченных на реализацию элементов множества A_0 представимо в виде $T_0 = \{T_1, T_2, T_3\}$, где T_1, T_2, T_3 – величины времён, затрачиваемых на выполнение производственных действий A_1, A_2, A_3 .

Рассмотрим множество

$$A_0 = \bigcup_{i=1}^{k_1=3} A_i,$$

Имеет место последовательное включение соответствующих множеств в качестве подмножеств:

$$A_i = \bigcup_{j=1}^{k_2} A_{ij}, \quad A_{ij} = \bigcup_{k=1}^{k_3} A_{ijk}, \quad A_{ijk} = \bigcup_{l=1}^{k_4} A_{ijkl},$$

т. е. $A_0 = \bigcup_{i=1}^{k_1} \bigcup_{j=1}^{k_2} \bigcup_{k=1}^{k_3} \bigcup_{l=1}^{k_4} A_{ijkl}.$

Очевидно, что

$$T_0 = \sum_{i=1}^{k_1=3} T_i, \quad T_i = \sum_{j=1}^{k_2} T_{ij}, \quad T_{ij} = \sum_{k=1}^{k_3} T_{ijk}, \quad T_{ijk} = \sum_{l=1}^{k_4} T_{ijkl}$$

и, далее

$$T_0 = \sum_{i=1}^{k_1} \sum_{j=1}^{k_2} \sum_{k=1}^{k_3} \sum_{l=1}^{k_4} T_{ijkl}. \quad (12)$$

Приведённое выражение – математическая модель оценки времени, затрачиваемого структурным подразделением на выполнение всех производственных действий за заданный промежуток времени (учебный год). Разработанная математическая модель прошла апробацию в структурном подразделении (деканате) Социально-педагогического факультета ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет» в 2017-2018, 2018-2019 и 2019-2020 учебных годах.

Примечание. Очевидно, что возможно **обобщение** полученной аддитивной математической модели. Действительно, пусть имеет место последовательное включение соответствующих множеств в качестве подмножеств вплоть до уровня s :

$$A_0 = \bigcup_{j_1=1}^{k_1} A_{j_1}, \quad A_{j_1} = \bigcup_{j_2=1}^{k_2} A_{j_1 j_2}, \quad A_{j_1 j_2} = \bigcup_{j_3=1}^{k_3} A_{j_1 j_2 j_3}, \dots$$

$$A_{j_1 j_2 \dots j_{s-1}} = \bigcup_{j_s=1}^{k_s} A_{j_1 j_2 \dots j_s},$$

т. е. $A_0 = \bigcup_{j_1=1}^{k_1} \bigcup_{j_2=1}^{k_2} \bigcup_{j_3=1}^{k_3} \dots \bigcup_{j_s=1}^{k_s} A_{j_1 j_2 \dots j_s}.$

Тогда, далее,

$$T_0 = \sum_{j_1=1}^{k_1} T_{j_1}, \quad T_{j_1} = \sum_{j_2=1}^{k_2} T_{j_1 j_2}, \quad T_{j_1 j_2} = \sum_{j_3=1}^{k_3} T_{j_1 j_2 j_3}, \dots$$

$$T_{j_1 j_2 \dots j_{s-1}} = \sum_{j_s=1}^{k_s} T_{j_1 j_2 \dots j_s},$$

$$\text{т. е. } T_0 = \sum_{j_1=1}^{k_1} \sum_{j_2=1}^{k_2} \sum_{j_3=1}^{k_3} \dots \sum_{j_s=1}^{k_s} T_{j_1 j_2 \dots j_s}. \quad (13)$$

Предложенная математическая модель для определения T_0 обладает достаточной общностью и универсальностью. Она может использоваться в любых структурных подразделениях (не обязательно сферы образования), где выявлено свойство вложенности производственных действий. В этом ее теоретическая новизна и практическая значимость.

Библиографический список

1. Введение в математическое моделирование : уч. пособие / под ред. П.В. Трусова. – Москва: Университетская книга, Логос, 2007. – 440 с.
2. Гугелев А.В. Инновационный менеджмент / А.В. Гугелев. – М.: Дашков и К, 2007. – 336 с.
3. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие / С.В. Звонарев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 112 с.
4. Клейнер Г.Б. Системные принципы современного управления/ Г.Б. Клейнер // Управление. 2013. Т. 1. № 2. С. 5-14.
5. Короткий, А. И. Математическое моделирование /А.И. Короткий, Л.Г. Гальперин. – Екатеринбург : Изд-во УГТУ-УПИ, 2005. – 102 с.
6. Мескон М., М. Альберт, Хелоури Ф. Основы менеджмента. – М.: Изд-во “Дело”. 2004. – 498 с.
7. Положение о работе деканата ФГБОУ ВО “Сочинский государственный университет”/ ФГБОУ ВО “СГУ”. – 2017.
8. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – Москва : Высш. шк., 2001.— 343 с
9. Томпсон А.А. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: Учебник для вузов / пер с англ. Под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой / А.А. Томпсон, А. Дж. Стрикленд. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 576 с.
10. Чейз Р.Б., Джейкобз Р.Ф., Аквилано Н. «Производственный и операционный менеджмент». – Изд-во: "Диалектика" , 2019. – 325 с.
11. Удалов Ф.Е., Алёхина О.Ф., Гапонова О.С. Основы менеджмента: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. – 363 с.

Электронные ресурсы:

12. Информационная модель: описание, структура, виды, типы информационных моделей, разработка, создание, использование информационной модели. *URL:* <https://businessman.ru/new-informacionnaya-model-opisanie-struktura-vidy-tipy-informacionnykh-modelej-razrabotka-sozdanie-ispolzovanie-informacionnoj-modeli.html><https://businessman.ru/new-informacionnaya-model-opisanie-struktura-vidy-tipy-informacionnykh-modelej-razrabotka-sozdanie-ispolzovanie-informacionnoj-modeli.html> (дата обращения 06.07.2021)
13. <https://businessman.ru/new-vidy-urovni-menedzhmenta-i-ix-xarakteristiki-menedzhment-predpriyatiya.html>
14. <http://belagrobiznes.ru/agrobiznes/realizatsiya-biznes-planov/293-klassifikatsiya-proizvodstvennykh-operatsij>
15. <http://www.econforward.ru/nofors-257-1.html>