Деловые процессы: математические и инструментальные методы оценки напряженности труда

Хубаев Г.Н., профессор, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)

Аннотация. Описан алгоритм оценки напряженности труда, основанный на расчете отношения фактических затрат времени исполнителей делового процесса к их нормативному (регламентному) фонду рабочего времени. Показано, что использование визуальных IDEFi-моделей, UML-диаграмм и автоматизированного синтеза имитационных моделей позволяет с минимальными затратами времени: получать наиболее точную оценку напряженности труда; определять трудоемкость каждой операции делового процесса, экономически обоснованно выбирать оптимальный вариант реинжиниринга делового процесса.

Ключевые слова: напряженность труда, визуальное моделирование, автоматизированный синтез, имитационное моделирование.

Business processes: mathematical and instrumental methods of evaluation of the intensity of labor

Khubaev G.N., professor Rostov State University of Economics (RINH)

Annotation. An algorithm for the evaluation of the intensity of labour, based on the calculation of the ratio of the actual time spent implementing the business process to their standard (regular) hours worked. It is shown that the use of visual IDEFi models, UML diagrams and automated synthesis of simulation models allows with minimal time to obtain the most accurate assessment of the intensity of work; to determine the complexity of each operation, business process, economically justified to choose the best option of reengineering business process.

Keywords: labor intensity, visual modeling, automated synthesis, simulation modeling.

Постановка задачи. Известно, что существующие способы оценки напряженности труда, обладая множеством очевидных недостатков: (низкая точность и трудность интерпретации результатов оценки, большое количество используемых показателей, большие трудозатраты на проведение экспериментальных исследований и др.), не позволяют решить ряд задач в области экономики труда, связанных с объективным анализом *степени загрузки* персонала, выявлением *наиболее трудоемких* подмножеств операций и процессов, *сравнением* деловых процессов по напряженности труда, расчетом необходимой для выполнения конкретного делового процесса *численности работников*, выявлением *резервов повышения* производительности труда, обеспечением (*путем реинжиниринга*) заданной *вероятности* выполнения конкретного делового процесса в течение определенного времени. Поэтому необходима разработка более информативных методических технологий для решения актуальной задачи в области экономики труда, направленной на получение репрезентативных результатов исследования напряженности труда.

В статье предложен оригинальный, экономически обоснованный алгоритм, обеспечивающий получение наиболее точной оценки напряженности труда при выполнении любых деловых процессов в любой предметной области.

Алгоритм оценки напряженности труда. Алгоритм *оценки напряженности труда* предполагает реализацию следующих шагов:

Шаг1. Определяется перечень работ (деловых процессов), выполняемых персоналом структурного подразделения;

Шаг 2. Каждая работа (трудовой процесс) разбивается на элементарные операции;

Шаг 3. Определяются статистические характеристики[1] *затрат времени на

[1] Хубаев Г.Н. Ресурсоемкость продукции и услуг: процессно-статистический подход к оценке / Г.Н. Хубаев // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 4. – С. 22-29.

выполнение операций (по данным хронометражных наблюдений, ретроспективного анализа или экспертным путем – оцениваются минимальное, максимальное и наиболее вероятное время выполнения); *числа выполнений каждой элементарной операции (в день, месяц или год).

Шаг 4. Формируются визуальные IDEFi- и/или UML-модели каждого делового процесса. Использование IDEFi и/или UML-моделей обеспечивает *возможность наглядного представления тех функций*, которые выполняет коллектив конкретного структурного подразделения, позволяет *увидеть* насколько загружен каждый конкретный исполнитель. Ведь зачастую *деловые процессы* и технологические цепочки операций сформированы так, что руководство организации или ее структурного подразделения *не в состоянии* представить картину процесса ***в целом,*** оценить ***взаимосвязанность*** отдельных процессов и операций. В то же время построенные визуальные модели вполне *доступны для понимания* той аудитории, для которой они созданы – *и для непосредственных* исполнителей, *и для руководителей структурных подразделений.*

Причем, создание конвертера IDEF0-моделей в UML-диаграммы (публикация алгоритма – в 2008г., регистрация программы в РОСПАТЕНТ – в 2009г.) позволяет реализовать интеграцию конвертера с системой автоматизированного синтеза имитационных моделей СИМ-UML. Представлены варианты осуществления конвертации IDEF3-моделей в UML-диаграммы деятельности для дальнейшего моделирования в системе СИМ-UML. Возможность совместного использования моделей IDEF0 и IDEF3 позволяет расширить круг моделируемых задач и внести в модель дополнительную информацию о предметной области. Разработка алгоритма преобразования IDEF3-моделей в UML-диаграммы существенно расширяет возможности использования системы СИМ-UML для экспресс-оценки и оптимизации ресурсоёмкости бизнес-процессов в различных предметных областях, способствует формированию универсального инструментария имитационного моделирования.

Шаг 5. Осуществляется автоматизированный синтез имитационных моделей деловых процессов, например, с использованием разработанных программных продуктов[2]. Программная система СИМ-UML позволяет: конструировать визуальную модель; генерировать программный код имитационной модели; проводить имитационное моделирование, получать статистические характеристики, таблицу и гистограмму распределения затрат трудовых ресурсов на выполнение любых деловых процессов. В составе функций системы СИМ-UML 2.0 реализованы *конструктор выражений, конвертер из нотации* IDEF3*, подсистема сбора статистики по результатам моделирования* и др.

Использование разработанных программных систем позволяет *в десятки раз сократить трудозатраты* на создание имитационной модели делового процесса.

Шаг 6. Проводится имитационное моделирование деловых процессов, выполняемых в структурных подразделениях предприятия. Причем, если модель создана с использованием нотации IDEF0 или IDEF3, то сначала выполняется конвертирование модели в UML-диаграммы, а затем синтез имитационной модели. В результате моделирования получают статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсию, коэффициент вариации, эксцесс, асимметрию), таблицы и гистограммы распределения времени выполнения деловых процессов в целом по структурному подразделению и по отдельным исполнителям;

Шаг 7. Определяют для каждого делового процесса и каждого исполнителя фактические *затраты времени*, необходимого для выполнения регламентных работ с заданным (выбранным исследователем, руководителем) *значением вероятности*, *используя* полученные в результате имитационного моделирования эмпирические законы распределения времени выполнения

[2] Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML «СИМ-UML» /Авторы-правообладатели: Хубаев Г.Н., Щербаков С.М., Рванцов Ю.А. // CeBIT 2015 (Ганновер, 2015). Каталог разработок российских компаний. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; МСП ИТТ, 2015.
Хубаев Г.Н., Щербаков С.М. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML 2.0 (СИМ-UML 2.0) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. №2016661676. М.: Роспатент, 2016.

*деловых процессов в структурном подразделении и *работ, закрепленных за отдельными исполнителями,

Шаг 8.Оценивается *уровень напряженности труда* в структурном подразделении предприятия путем вычисления ***отношения*** рассчитанных *затрат времени на выполнение регламентных работ*, закрепленных за конкретным структурным подразделением, к *нормативному фонду времени всех сотрудников* структурного подразделения. Аналогично оценивается уровень напряженности труда (загрузки) *каждого исполнителя в отдельности*, т.е. рассчитывается ***отношение затрат времени на выполнение работ конкретным исполнителем к нормативному фонду времени этого исполнителя***.

Пример оценки. Вариант реализации предложенного способа оценки напряженности труда покажем на примере оценки напряженности труда в структурном подразделении по регистрации и учету налогоплательщиков районной налоговой инспекции.

В соответствии с предложенным алгоритмом оценки напряженности труда *применительно к выбранному* деловому процессу, в частности, выполнено: *построение UML-моделей, *визуализирующих структуру* деловых процессов в исследуемой предметной области; *построение *детализированного* перечня операций, выполняемых сотрудниками налоговой инспекции; *проведение *хронометражных и экспертных исследований* для оценки *трудозатрат* на выполнение каждой операции; *определение статистических характеристик и законов распределения числа запросов на выполнение операций; **имитационное моделирование* деловых процессов для *прогнозирования трудозатрат* на выполнение различных *подмножеств* функциональных операций.

Процесс регистрации и учета налогоплательщиков, включает 93 операции. В таблице 1 приведен фрагмент исходных данных для моделирования; здесь: $\boldsymbol{n_i}$ – число выполнений ***i***-ой операции делового процесса, а $\boldsymbol{t_i}$ – время выполнения (затраты труда на выполнение этой операции).

Таблица 1

Частота и время выполнения функциональных операций сотрудниками отдела учета и регистрации налогоплательщиков

Частота выполнения функциональной операции					Трудоемкость (время) выполнения функциональной операции				
Переменная	Единица измерения	Минимальное значение	Максимальное значение	Наиболее вероятное значение	Переменная	Единица измерения	Минимальное значение	Максимальное значение	Наиболее вероятное значение
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
n_{1003}	шт./месяц	155	310	200	t_{1003}	мин./опер.	2	5	3
n_{1004}	шт./месяц	150	300	193	t_{1004}	мин./опер.	1	3	2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
n_{1023}	шт./месяц	4	6	5	t_{1023}	мин./опер.	5	10	5
n_{1024}	шт./месяц	50	100	75	t_{1024}	мин./опер.	1	5	3
n_{1025}	шт./месяц	20	40	30	t_{1025}	мин./опер.	5	10	7
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
n_{1073}	шт./месяц	20	30	25	t_{1073}	мин./опер.	5	7	5
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

В таблице 2 приведен фрагмент результатов моделирования. Здесь: *MTi, σTi, kv* – соответственно, математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации времени выполнения операции делового процесса.

Таблица 2

Результаты статистического (имитационного) моделирования

Переменная	M_{T_i}	σ_{T_i}	$T_{i\,\min}$	$T_{i\,\max}$	k_v	$\sigma^2_{T_i} / M_{T_i}$
…	…	…	…	…	…	…
T_{1003}	736,3	109,4	507,5	1038,3	0,15	16,23
T_{1004}	426.6	107.5	168.6	807.5	0.25	27,1
…	…	…	…	…	…	…
T_{1023}	30,05	4,13	20,6	43,4	0,14	0,57
T_{1024}	223,3	31,6	136,2	317,8	0,14	4,47
T_{1025}	216,3	30,63	135,7	299,4	0,14	4,34
…	…	…	…	…	…	…
T_{1073}	139,03	11,9	108,8	171,6	0,1	1,02
…	…	…	…	…	…	…

В таблице 3 представлена коэффициенты асимметрии и эксцесса распределения трудозатрат на выполнение операции T_{1004}, а в таблице 4 -– накопленная вероятность затрат *времени на выполнение* операции.

Таблица 3

Коэффициенты асимметрии и эксцесса распределения трудозатрат на выполнение операции T_{1004}

Параметр	Значение
Число итераций	1000
Асимметрия	0.43
Эксцесс	0.018
Модальный интервал	342.8 : 400.9

Таблица 4

Характеристики распределения затрат труда на выполнение операции T_{1004} – накопленная вероятность попадания трудоемкости в конкретный диапазон значений: X_{min} - X_{max}

X_{min}	X_{max}	Частота	Вероятность попадания в конкретный диапазон значений	Накопленная вероятность
168.6	226.7	14	0.014	0.014
226.7	284.8	73	0.073	0.087
284.8	342.8	138	0.138	0.225
342.8	400.9	217	0.217	0.442
400.9	459.0	194	0.194	0.636
459.0	517.1	176	0.176	0.812
517.1	575.2	98	0.098	0.910
575.2	633.3	44	0.044	0.954
633.3	691.4	29	0.029	0.983
691.4	749.5	15	0.015	0.998
749.5	807.5	2	0.002	1.000

Анализ результатов имитационного моделирования позволил выявить наиболее трудоемкие функциональные операции делового процесса регистрации и учета налогоплательщиков (табл. 5).

Таблица 5

Наиболее трудоемкие функциональные операции делового процесса регистрации и учета налогоплательщиков

Обозначение	M_{T_i} **, мин./мес.**	**Обозначение**	M_{T_i} **, мин./мес.**
F_{1011}	6299,28	F_{1050}	2309,90
F_{1015}	1995,36	F_{1058}	1889,37
F_{1030}	1617,67	F_{1061}	2101,16
F_{1037}	1826,29	F_{1062}	1610,02
F_{1038}	1820,51	F_{1069}	1744,65
F_{1047}	2100,27	F_{1072}	1994,06

Результаты моделирования деловых процессов, выполняемых в структурном подразделении по регистрации и учету налогоплательщиков, показали, что *полные затраты времени* на реализацию всего подмножества функциональных операций составляют 1150часов, нормативный фонд времени персонала – 1190часов. Тогда ***напряженность труда*** в этом подразделении определится как **отношение (1150/1190), равное 0,96.**

Выводы

1) Предложен оригинальный алгоритм оценки напряженности труда, основанный на расчете отношения *фактических затрат времени исполнителей* делового процесса к их нормативному (регламентному) фонду рабочего времени. Показано, что использование предложенного математического и инструментального обеспечения *позволяет* ***с минимальными затратами ресурсов:*** *получать наиболее *точную* ***оценку напряженности труда*** при выполнении производственных и управленческих процессов; *определять ***трудоемкость*** каждой операции делового процесса, *выявлять* наиболее трудоемкие (*ресурсоёмкие) операции*; *проводить *сравнительный* количественный анализ затрат трудовых ресурсов при различных вариантах

организации делового процесса; *экономически *обоснованно* выбирать *оптимальный* вариант реинжиниринга делового процесса (например, по критерию *минимума затрат* труда, по критерию *минимальной совокупной стоимости владения процессом*).

2) Отмечено, что информация о численных значениях статистических характеристик распределения времени выполнения операций деловых процессов обеспечивает *ряд дополнительных возможностей* для повышения эффективности функционирования социально-экономических процессов и объектов. Так, в зависимости от *величины и формы* (правосторонняя или левосторонняя) *асимметрии* распределения времени выполнения процессов могут существенно отличаться и значения трудоемкости, и напряженности сравниваемых деловых процессов; сопоставив данные о вероятностях и времени выполнения перечня запланированных работ, можно *количественно оценить для выбранной вероятности ***уровень напряженности*** трудовых процессов (по структурным подразделениям и исполнителям), определить ***степень загрузки*** *персонала* в разных структурных подразделениях, ***обосновать*** целесообразность *перераспределения работ* по подразделениям и, что *тоже очень важно*, ***более*** справедливо устанавливать ***численность работников***.

3) Показана *экономическая обоснованность* применения процессно-статистического метода учета затрат ресурсов для *оценки напряженности труда.* Предложено осуществлять визуализацию производственных и управленческих процессов с использованием IDEF0- и/или IDEF3-моделей и UML-диаграмм для *наглядного представления делового процесса, описания концепций предметной области, автоматизированного синтеза имитационных моделей и снижения финансовых и трудовых затрат* на реализацию процедур, связанных с оценкой *трудоемкости* деловых процессов и *напряженности* труда.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) – проект 15-01-06324/15 «Моделирование производственных и управленческих процессов для экспресс-оценки и оптимизации ресурсоёмкости товаров и услуг: формирование универсального методического и инструментального обеспечения».

Библиографический список

1. Хубаев Г.Н. Ресурсоемкость продукции и услуг: процессно-статистический подход к оценке / Г.Н. Хубаев // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 4. – С. 22-29.

2. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML «СИМ-UML» / Авторы-правообладатели: Хубаев Г.Н., Щербаков С.М., Рванцов Ю.А. // CeBIT 2015 (Ганновер, 2015). Каталог разработок российских компаний. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; МСП ИТТ, 2015.

3. Хубаев Г.Н., Щербаков С.М. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML 2.0 (СИМ-UML 2.0) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. №2016661676. М.: Роспатент, 2016.