

DOI: 10.15593/2499-9873/2020.2.10

УДК 004.942

А.С. Шильников^{1,2}, А.А. Мицель^{2,3,4}

¹ООО «Научно-производственный комплекс
“Электротепловые технологии”», Томск, Россия

²Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники, Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск, Россия

⁴Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Томск, Россия

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОПЛАТЫ ТРУДА С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Рассмотрен один из аспектов разработки систем поддержки принятия решений в области систем оплаты труда. В частности, проводится исследование с помощью имитационного моделирования с целью выявить устойчивые связи между результатами функционирования различных СОТ. Такими результатами являются выработка и фонд оплаты труда. Авторы показывают, что формулы расчета у разных СОТ могут быть оценены в разных ситуациях при помощи имитационного моделирования и, таким образом, выводится закономерность. Имея закономерность, можно утверждать, что тот или иной прогноз, который дает СППР, будет верным с высокой долей вероятности.

Проведено имитационное моделирование повременно-премиальной СОТ и сдельной СОТ. Получены доказательства того, что в рамках построенной модели выработка и фонд оплаты труда сдельной СОТ всегда выше повременно-премиальной СОТ. Приведены модели и соотношения результатов функционирования других СОТ после проведения моделирования с дополнительными переменными и константами.

Основные научные результаты представляют собой: во-первых, описание моделей и условий, при которых проводилось моделирование; во-вторых, полученный статистический материал; в-третьих, утверждение на основе полученного материала о независимости соотношения результатов различных СОТ вне зависимости от закона распределения случайных величин и заданных констант.

Построение моделей СОТ осуществлялось по следующим принципам. Формулы расчета результирующих показателей СОТ исходят из общеизвестных формул, здравого смысла и концепции «экономического человека», предложенной С. Миллем более 200 лет назад, на которую опираются до сих пор практически все капиталистические экономические знания. В формулы расчета результирующих показателей заложены «элементы случайности», которые представляют собой повышающие или понижающие коэффициенты. В исследование было включено несколько наиболее часто встречающихся законов распределения: нормальное, Хи-квадрат, экспоненциальное и гамма-распределение. Параметры генерации были заданы в рамках экономической логики, чтобы сгенерированные значения были в диапазонах, отвечающих здравому смыслу. Было также учтено, что каждая СОТ в реальности может иметь самые разные заданные параметры (константы). Исходя из этого было получено около 2,5 миллионов комбинаций для моделирования. После проведения имитационного моделирования был получен статистический материал и сделаны выводы о закономерностях.

Ключевые слова: системы оплаты труда, системы поддержки принятия решений, имитационное моделирование, закономерности систем оплаты труда, удовлетворенность трудом, выработка, качество продукции, нормальное распределение, экспоненциальное распределение, Хи-квадрат распределение, гамма-распределение.

A.S. Shil'nikov^{1,2}, A.A. Mitsel'^{2,3,4}

¹NPK "Electro-Heat Technologies" LLC, Tomsk, Russia Federation

²Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Tomsk, Russia Federation

³Tomsk State University, Tomsk, Russia Federation

⁴Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia Federation

COMPENSATION PLAN SIMULATION MODELING CONSIDERING DIFFERENT RANDOM QUANTITY DISTRIBUTIONS

The article reveals one of the decision support system (DSS) aspects in compensation plan (CP) problems. In particular, in the research simulation modeling is used to establish relations between functioning results of different CP. These results are total production and wage fund. The author claims, that formulas of different CP may be estimated in a different conditions by using simulation modeling, thus specific patterns may be revealed. Having those patterns, DSS in CP problems may be developed. And its predictions will come true with a high probability.

The article demonstrates simulation modeling of time-bonus and piecework CP's. Patterns are described. According to the research piecework CP always has higher total production and wage fund results than time-bonus CP. Moreover, in the article other patterns after more complicated simulation modeling are shown.

The main research results are follows. First, models and conditions for simulation. Second, statistics gathered. Third, conclusions about independence of the CP results according to distribution random quantities and preset different constant parameters,

The simulation models include several principles. Models formulas are based on well known formulas, common sense, and "economic person" conception which was developed by S. Mill over 200 years ago and widely used in modern world. Moreover, formulas used in simulation models includes increasing/decreasing coefficients in order to consider randomness of real economy. This random coefficient generated with a different distributions. These are normal, chi square, exponential, gamma. Simulation parameters were set according to economics logic to fit in common sense. Furthermore, different constants of CP's are taken into account. Thus, over 2,5 billions combinations were considered. After overall simulations, statistics was gained and specific patterns are shown.

Keywords: compensation plan, decision support systems, simulation modeling, compensation plan patterns, labor satisfaction, production, goods quality, normal distribution, exponential distribution, gamma distribution, chi square distribution.

Введение

Большое количество авторов, особенно в периодических изданиях, обозначают проблему систем оплаты труда (СОТ) едва ли не ключевой проблемой производительности в экономике России [1, с. 176; 2–4]. Исследователи высказываются, что на сегодняшний день на российских предприятиях СОТ устарели и требуют серьезного реформирования [5, с. 96]. Но проблемы, связанные с реформированием СОТ,

имеют многочисленные аспекты (или размерности), такие как политические, экономические, этические. Это и создает проблему многокритериального принятия решений [6]. Исходя из этого в условиях сложной многофакторной экономики особую роль приобретают системы поддержки принятия решений (СППР) [7; 8, с. 9; 9].

Создание новых моделей принятия решений и программных продуктов для поддержки многокритериального выбора является актуальной научной и социальной задачей во всем мире [6; 10, с. 19; 11, с. 774]. Особой популярностью в России пользуются ИТ-системы и различного рода СППР (типа SAP, BAAN, Oracle) [12; 13, с. 92; 14, с. 215; 15]. Предприятия постоянно находятся в поиске аналитической и вероятностной оценки развития событий, тенденций, выявляют связи и закономерности, которые создают основу для принятия стратегических и текущих хозяйственных решений.

Одной из больших проблем в ходе установления или изменения СОР на любом предприятии является вопрос прогнозирования результата функционирования той или иной СОР. Например, что ожидать от выработки продукции, каким будет качество выпускаемой продукции, насколько работники будут удовлетворены трудом на данном предприятии. Для этих целей требуется разработка специальной СППР, которая с высокой долей вероятности могла бы прогнозировать эти параметры.

В статье предлагается часть решения проблемы разработки такой СППР. Система должна рекомендовать ту или иную СОР в зависимости от ситуации и запроса пользователя. Сложность состоит в том, что предприятия, ситуации и лица, принимающие решения (ЛПР), очень разные. Таким образом, вывести типовые рекомендации, которые бы подходили всем, очень сложно. Однако явления реального мира и поведение систем тесно связаны с проведением экспериментов, получением результатов n -измерений с последующей их обработкой и как результат – получением действительных значений физических величин [16]. Таким образом, мы полагаем, что все же возможно при помощи имитационного моделирования (методом Монте-Карло) провести разного рода эксперименты с различными СОР и выявить некоторые закономерности, которые будут характерны для всех предприятий и ситуаций.

В рамках данной статьи мы предлагаем более подробно ознакомиться с моделированием поведения выработки и фонда оплаты труда (ФОТ) при смене повременной СОР на повременно-премиальную

и повременной СОР на сделную на гипотетическом предприятии. Такое моделирование позволит выявить устойчивые признаки результатов функционирования той или иной СОР, что адекватно может лечь в основу разработки комплексной СППР по оценке различных СОР.

После демонстрации общего принципа моделирования результатов вышеобозначенных СОР мы предлагаем также ознакомиться с условиями и результатами более сложного моделирования, включающего в себя больше случайных переменных, констант, с более обширным перечнем СОР.

Смысл моделирования сводится к тому, что формулируются модели СОР, в которых, как и в реальной экономике, имеются элементы случайности. Нам не известно, каким образом распределены случайные величины, которые присутствуют в моделях, поэтому наша основная задача состоит в доказательстве того, что признаки СОР будут неизменны при любых видах распределений.

1. Постановка задачи и описание модели

Гипотеза: при любых видах распределений случайных величин результирующие показатели расчетов по моделям СОР A и B будут одинаково соотноситься друг с другом.

Условия:

1. Пусть у модели A есть результирующие показатели Q_2 и W_2 , а у модели B есть результирующие показатели Q_3 и W_3 .

2. В расчетах по модели A участвуют две случайные переменные – x и y , в расчетах по модели B также участвуют две случайные переменные – x и y .

3. Каждая из переменных распределена случайным образом по неизвестному закону распределения.

Задача: доказать, что, каким бы ни был закон распределения каждой из случайных переменных, результаты соотношения Q_2 к Q_3 и W_2 к W_3 будут одинаковыми. Например, всегда $W_3 > W_2$, а $Q_2 < Q_3$.

Для проверки гипотезы используется метод Монте-Карло (имитационное моделирование) [17–20]. Необходимо описать модели A и B , а затем смоделировать всевозможные значения параметров СОР Q_2 , Q_3 , W_2 , W_3 с разными видами распределений случайных величин, чтобы наглядно убедиться в справедливости гипотезы.

Следует уточнить, что модели A и B являются достаточно простыми, тем не менее явно иллюстрируют принцип поведения результиру-

щих величин в зависимости от разных переменных. Также для данных моделей было использовано лишь четыре типа распределений случайных величин: нормальное, экспоненциальное, Хи-квадрат, гамма-распределение (табл. 1). В дальнейших исследованиях можно проверить также и другие типы распределений и их вариации. Тем не менее мы полагаем, что на данный момент проверка этих типов распределений является достаточной.

Условные обозначения:

Модель *A* – повременно-премиальная СОР.

Модель *B* – сдельная СОР.

x – случайная переменная, первоначальная выработка, принимает значения в диапазоне {50; 100} шт.

y – случайная переменная, влияние на выработку, при смене СОР принимает значения в диапазоне {0; 1}.

Переменные могут иметь следующие виды распределений: нормальное, экспоненциальное, Хи-квадрат, гамма-распределение.

a_1 – оклад, при повременной СОР принимает значение {10 000} руб., задается пользователем.

a_2 – оклад, при повременно-премиальной СОР принимает значения в диапазоне {5000; 8000} руб., задается пользователем.

a_3 – тарифная ставка, при сдельной СОР принимает значения в диапазоне {105; 117} руб., задается пользователем.

b_1 – норма выработки для получения премиальной части, при повременно-премиальной СОР принимает значения в диапазоне {70; 85} руб., задается пользователем.

W_2 – ФОТ при повременно-премиальной СОР, руб.

Q_2 – выработка при повременно-премиальной СОР, шт.

W_3 – ФОТ при сдельной СОР, руб.

Q_3 – выработка при сдельной СОР, шт.

Модель *A*:

$$Q_2 = x * (1 + y),$$

но всегда $Q_2 \leq b_1$, если $Q_2 > b_1$, то $Q_2 = b_1$.

Если $Q_2 = b_1$, то $W_2 = a_1$.

Если $Q_2 < b_1$, то $W_2 = a_2$.

Модель *B*:

$$Q_3 = x * (1 + y), \text{ но } Q_3 \leq 100.$$

$$W_3 = a_3 * Q_3.$$

Таблица 1

Параметры генерации случайных величин при разных видах распределения (авторские результаты)

Вид распределения	Количество случайных реализаций	Генерируемый диапазон	Среднее значение	σ (стандартное отклонение)
Экспоненциальное для X	100	50–100	74,19	15,04
Экспоненциальное для Y	100	0–1	0,36	0,28
Нормальное для X	100	50–100	74,86	9,98
Нормальное для Y	100	0–1	0,55	0,179
Хи-квадрат для X	100	50–100	71,84	11,67
Хи-квадрат для Y	100	0–1	0,27	0,728
Гамма для X	100	50–100	72,12	11,4
Гамма для Y	100	0–1	0,29	0,18

2. Результаты моделирования и выводы

В моделях A и B фигурируют случайные переменные, которые могут принимать значения по четырем типам распределений. Чтобы выполнить поставленную задачу по доказательству гипотезы, мы должны получить Q_2, W_2, Q_3, W_3 хотя бы в 100 экспериментах по каждому сочетанию видов распределений X и Y , а затем сравнить полученные результаты. Например, какими будут средние значения Q_2, W_2, Q_3, W_3 по 100 экспериментам, если X будет принимать значения по нормальному распределению, а Y по экспоненциальному, и т.д. В рамках данной статьи и моделей существует всего 16 сочетаний распределений X и Y (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчетов по моделям A и B (авторские результаты)

Сочетание	X	Y	Средняя W_2	Средняя W_3	Средняя Q_2	Средняя Q_3
Сочетание 1	Экспоненциальное распределение	Экспоненциальное распределение	9610	9859	69	90
Сочетание 2	Экспоненциальное распределение	Гамма-распределение	9550	9691	69	88
Сочетание 3	Экспоненциальное распределение	Хи-квадрат распределение	9550	9725	69	88
Сочетание 4	Экспоненциальное распределение	Нормальное распределение	9850	10 344	70	94

Окончание табл. 2

Сочетание	X	Y	Средняя $W2$	Средняя $W3$	Средняя $Q2$	Средняя $Q3$
Сочетание 5	Гамма-распределение	Экспоненциальное распределение	9670	9820	69	89
Сочетание 6	Гамма-распределение	Гамма-распределение	9700	9716	69	88
Сочетание 7	Гамма-распределение	Хи-квадрат распределение	9730	9753	70	89
Сочетание 8	Гамма-распределение	Нормальное распределение	9940	10 538	70	96
Сочетание 9	Хи-квадрат распределение	Экспоненциальное распределение	9730	9809	69	89
Сочетание 10	Хи-квадрат распределение	Гамма-распределение	9700	9657	69	88
Сочетание 11	Хи-квадрат распределение	Хи-квадрат распределение	9820	9709	70	88
Сочетание 12	Хи-квадрат распределение	Нормальное распределение	9970	10 564	70	96
Сочетание 13	Нормальное распределение	Экспоненциальное распределение	9880	10 046	70	91
Сочетание 14	Нормальное распределение	Гамма-распределение	9880	9948	70	90
Сочетание 15	Нормальное распределение	Хи-квадрат распределение	9880	10 121	70	92
Сочетание 16	Нормальное распределение	Нормальное распределение	9940	10 642	70	97

Выводы по полученным результатам:

1. При разных сочетаниях распределений X и Y $Q3 > Q2$, а $W3 > W2$.
2. Исключением данных соотношений являются сочетания 10 и 11, когда X распределен как Хи-квадрат, а Y как гамма и когда X распределен как Хи-квадрат, а Y так же, как Хи-квадрат.

3. Мы полагаем, что обозначенная гипотеза может считаться справедливой и в рамках данных условий моделирования и моделей A и B доказанной, так как в целом по всем видам сочетаний проявляется устойчивое надежное соотношение между показателями $Q2$, $W2$, $Q3$, $W3$. Исключительные же случаи лишь незначительно понизят качество рекомендаций для принятия управленческих решений.

4. Таким образом, для целей разработки СППР, проводя подобные имитационные моделирования, можно сформулировать наборы обоснованных утверждений. Например, что выработка в сдельной СОР всегда будет больше, чем в повременно-премиальной СОР. Такие утверждения лягут в основу рекомендаций, которые будет предлагать СППР.

3. Результаты моделирования различных СОР с дополнительными переменными и константами

По принципу, изложенному выше, мы провели имитационное моделирование в его более сложном варианте. Цели, гипотезы и методы остались неизменны. Были введены лишь дополнительные условия:

1. Моделирование проводится по шести видам СОР: повременная, повременно-премиальная, сдельная, сдельно-премиальная, сдельно-прогрессивная, сдельно-регрессивная.

2. Вводятся дополнительные параметры функционирования СОР. Всего их четыре: выработка, качество продукции, удовлетворенность трудом, ФОТ.

3. Вводятся дополнительные случайные переменные.

4. Моделирование проводится с учетом того, что все константы (всего 12 констант) могут принимать два значения – максимум и минимум. Предполагается, что после исследования всех вариантов с сочетаниями из максимальных и минимальных значений констант все остальные результаты будут лежать между ними.

С учетом того, что с экономической точки зрения у некоторых значений констант есть ограничения, всего для моделирования существует около 2,5 млн сочетаний, где участвуют все возможные сочетания законов распределения случайных переменных со всеми возможными сочетаниями констант по шести видам СОР. В программном пакете MS Excel проведено имитационное моделирование 100 реализаций каждого из 2,5 млн сочетаний. Таким образом, всего получено около 250 млн реализаций. Далее приведены формулы расчета результирующих показателей, константы, которые использовались для моделирования, расшифровка результирующих показателей и выявленные устойчивые соотношения (табл. 3–6).

Формулы для расчета параметров СОР:

1. Повременная СОР:

$$Q1 = x1, G1 = y1, W1 = a1, Sat1 = z.$$

Здесь $x1 \in [50;100]$ – случайная величина (выработка при повременной СОР);

$y1 \in [50;100]$ – случайная величина (качество выпускаемой продукции при повременной СОР, %);

$z \in [1;100]$ – случайная величина (удовлетворенность трудом, %).

2. Повременно-премиальная СОР:

$$Q2 = \begin{cases} x1(1 + x2), & \text{если } Q2 < b1; \\ b1, & \text{если } Q2 \geq b1; \end{cases}$$

$$G2 = y1,$$

$$W2 = \begin{cases} a2, & \text{если } Q2 < b1; \\ a1, & \text{если } Q2 \geq b1; \end{cases}$$

$$\text{Sat2} = \begin{cases} z + 100 \cdot \left(\frac{b1}{x1} - 1 \right), & \text{если } Q2 \geq b1; \\ z + \frac{a1 - a2}{a2} 100 + 100x2, & \text{если } Q2 < b1. \end{cases}$$

Здесь $x2 \in [0; 1]$ – случайная величина (влияние на выработку при смене СОР).

3. Сдельная СОР:

$$Q3 = \begin{cases} x1(1 + x2), & \text{если } Q3 \leq 100; \\ 100, & \text{если } Q3 > 100; \end{cases}$$

$$G3 = \begin{cases} y1(1 - y2), & \text{если } G3 \geq 50; \\ 50, & \text{если } G3 < 50; \end{cases}$$

$$W3 = a3 \cdot Q3;$$

$$\text{Sat3} = z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a3 \cdot Q3} - 1 \right) + 100x2.$$

Здесь $y2$ – влияние на качество при смене СОР, $y2 \in [0; 1]$.

4. Сдельно-премиальная СОР:

$$Q4 = \begin{cases} x1(1 + x2), & \text{если } Q4 \leq 100; \\ 100, & \text{если } Q4 > 100; \end{cases}$$

$$G4 = \begin{cases} y1(1 + y2), & \text{если } y1 \leq b2; \\ b2, & \text{если } y1 > b2; \end{cases}$$

$$W4 = \begin{cases} a4 \cdot b2, & \text{если } y1 \leq b2; \\ a4 \cdot b2 + a5, & \text{если } y1 > b2; \end{cases}$$

$$\text{Sat4} = \begin{cases} z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a4 \cdot b2} - 1 \right) + 100x2 + y2100, & \text{если } y1 \leq b2; \\ z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a4 \cdot b2 + a5} - 1 \right) + 100 \cdot \left(\frac{100}{x1} - 1 \right) + 100 \cdot \left(\frac{b2}{y1} - 1 \right), & \\ \text{если } y1 > b2. \end{cases}$$

5. Сдельно-прогрессивная СОР:

$$Q5 = \begin{cases} x1(1 + x2), & \text{если } Q5 \leq 100; \\ 100, & \text{если } Q5 > 100; \end{cases}$$

$$G5 = \begin{cases} y1(1 - y2), & \text{если } G5 \leq 50\%; \\ 50\%, & \text{если } G5 > 50\%; \end{cases}$$

$$W5 = \begin{cases} a6 \cdot Q5, & \text{если } Q5 \leq b3; \\ a6 \cdot b3 + a8(Q5 - b3), & \text{если } b3 < Q5 \leq 100; \end{cases}$$

$$\text{Sat5} = \begin{cases} z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a6 \cdot Q5} - 1 \right) + 100x2 - y2 \cdot 100, & \\ \text{если } Q5 \leq b3; G5 > 50\%; \\ z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a6 \cdot Q5} - 1 \right) + 100x2 - \left(1 - \frac{50}{y1} \right) \cdot 100, & \\ \text{если } Q5 \leq b3; G5 \leq 50\%; \\ z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a6 \cdot b3 + a8(Q5 - b3)} - 1 \right) + 100x2 - y2 \cdot 100, & \\ \text{если } b3 < Q5 \leq 100; G5 > 50\%; \\ z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a6 \cdot b3 + a8(Q5 - b3)} - 1 \right) + 100x2 - \left(1 - \frac{50}{y1} \right) \cdot 100, & \\ \text{если } b3 < Q5 \leq 100; G5 \leq 50\%. \end{cases}$$

6. Сдельно-регрессивная СОР:

$$Q6 = \begin{cases} x1(1 + x2), & \text{если } Q6 \leq 100; \\ 100, & \text{если } Q6 > 100; \end{cases}$$

$$G6 = \begin{cases} y1(1 - y2), & \text{если } G6 \leq 50 \% ; \\ 50 \% , & \text{если } G6 > 50 \% ; \end{cases}$$

$$W6 = \begin{cases} a6 \cdot Q6, & \text{если } Q6 \leq b3; \\ a7 \cdot b3 + a9(Q6 - b3), & \text{если } b3 < Q6 \leq 100; \end{cases}$$

$$\text{Sat6} = \begin{cases} z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a7 \cdot Q6} - 1 \right) + 100x2 - y2 \cdot 100, \\ \text{если } Q6 \leq b3; G6 > 50 \% ; \\ z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a7 \cdot Q6} - 1 \right) + 100x2 - \left(1 - \frac{50}{y1} \right) \cdot 100, \\ \text{если } Q6 \leq b3; G6 \leq 50 \% ; \\ z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a7 \cdot b3 + a9(Q6 - b3)} - 1 \right) + 100x2 - y2 \cdot 100, \\ \text{если } b3 < Q6 \leq 100; G6 > 50 \% ; \\ z + 100 \cdot \left(\frac{a1}{a7 \cdot b3 + a9(Q6 - b3)} - 1 \right) + 100x2 - \left(1 - \frac{50}{y1} \right) \cdot 100, \\ \text{если } b3 < Q6 \leq 100; G6 \leq 50 \% . \end{cases}$$

Ниже представлены константы, которые были использованы при моделировании, и результирующие показатели СОР.

Константы, используемые при моделировании
(авторские результаты)

Константа	Описание и принимаемые значения
<i>a1</i>	Оклад при повременной СОР {10 000}
<i>a2</i>	Оклад при повременно-премиальной СОР {5000; 8000}
<i>a3</i>	Тарифная ставка при сдельной СОР {105; 117}
<i>a4</i>	Тарифная ставка при сдельно-премиальной СОР {105; 117}
<i>a5</i>	Премия за достижение уровня качества при сдельно-премиальной СОР {1000; 3000}

Константа	Описание и принимаемые значения
a_6	Тарифная ставка шага 1 при сдельно-прогрессивной СОР {105; 117}
a_7	Тарифная ставка шага 1 при сдельно-регрессивной СОР {105; 117}
a_8	Тарифная ставка шага 2 при сдельно-прогрессивной СОР {105; 117}, a_8 всегда берется больше, чем a_6
a_9	Тарифная ставка шага 2 при сдельно-регрессивной СОР {105; 117}, a_9 всегда берется меньше, чем a_7
b_1	Норма выработки для получения премиальной части при повременно-премиальной СОР {70; 85}
b_2	Норма качества для получения премиальной части при сдельно-премиальной СОР {70; 80}
b_3	Норма выработки для тарифного шага при сдельно-прогрессивной и сдельно-регрессивной СОР {75; 85}

Результирующие показатели СОР (*авторские результаты*)

Показатель	Описание
W_1	ФОТ при повременной СОР
W_2	ФОТ при повременно-премиальной СОР
W_3	ФОТ при сдельной СОР
W_4	ФОТ при сдельно-премиальной СОР
W_5	ФОТ при сдельно-прогрессивной СОР
W_6	ФОТ при сдельно-регрессивной СОР
Sat1	Удовлетворенность трудом при повременной СОР
Sat2	Удовлетворенность трудом при повременно-премиальной СОР
Sat3	Удовлетворенность трудом при сдельной СОР
Sat4	Удовлетворенность трудом при сдельно-премиальной СОР
Sat5	Удовлетворенность трудом при сдельно-прогрессивной СОР
Sat6	Удовлетворенность трудом при сдельно-регрессивной СОР
Q_1	Выработка при повременной СОР
Q_2	Выработка при повременно-премиальной СОР
Q_3	Выработка при сдельной СОР
Q_4	Выработка при сдельно-премиальной СОР
Q_5	Выработка при сдельно-прогрессивной СОР
Q_6	Выработка при сдельно-регрессивной СОР
G_1	Качество при повременной СОР
G_2	Качество при повременно-премиальной СОР
G_3	Качество при сдельной СОР
G_4	Качество при сдельно-премиальной СОР
G_5	Качество при сдельно-прогрессивной СОР
G_6	Качество при сдельно-регрессивной СОР

В табл. 5–8 приведены установленные соотношения ФОТ, удовлетворенности трудом, выработки и качества.

Таблица 3

Установленные соотношения ФОТ (авторские результаты)

Закономерности W		
№ п/п	Принцип	Комментарий
1	$W1 > W2$	Всегда
2	$W1 > W3$	В 1/2 случаях
3	$W1 < W3$	В 1/2 случаях
4	$W4 > W1$	На 5 % чаще
5	$W1 > W5$	На 34 % чаще
6	$W6 > W1$	На 57 % чаще
7	$W3 > W2$	На 40 % чаще
8	$W4 > W2$	На 44 % чаще
9	$W5 > W2$	На 20 % чаще
10	$W6 > W2$	На 91 % чаще
11	$W4 > W3$	На 9 % чаще
12	$W3 > W5$	В 1/2 случаях
13	$W5 > W3$	В 1/2 случаях
14	$W3 = W5$	В 16 % случаях
15	$W6 > W3$	На 47 % чаще
16	$W6 > W5$	Всегда
17	$W4 > W5$	На 19 % чаще
18	$W6 > W4$	На 23 % чаще

Таблица 4

Установленные соотношения удовлетворенности трудом
(авторские результаты)

Закономерности Sat		
№ п/п	Принцип	Комментарий
1	Sat2 > Sat1	Встречается чаще на 75 %
2	Sat3 > Sat1	Всегда
3	Sat4 > Sat1	Всегда
4	Sat5 > Sat1	Встречается чаще на 74 %
5	Sat6 > Sat1	Встречается чаще на 9 %
6	Sat3 > Sat2	Встречается чаще на 59 %
7	Sat4 > Sat2	Встречается чаще на 60 %
8	Sat2 > Sat5	Встречается чаще на 19 %
9	Sat2 > Sat6	Встречается чаще на 60 %
10	Sat4 > Sat3	Встречается чаще на 12 %
11	Sat3 > Sat5	Всегда
12	Sat3 > Sat6	Всегда
13	Sat4 > Sat5	Почти всегда
14	Sat4 > Sat6	Почти всегда
15	Sat5 > Sat6	Встречается чаще на 70 %

Таблица 5

Установленные соотношения выработки (*авторские результаты*)

Закономерности Q		
№ п/п	Принцип	Комментарий
1	$Q3 = Q4 = Q5 = Q6$	Всегда
2	$Q3, Q4, Q5, Q6 > Q1, Q2$	Всегда
3	$Q2 > Q1$	Встречается чаще на 37 %

Таблица 6

Установленные соотношения качества (*авторские результаты*)

Закономерности G		
№ п/п	Принцип	Комментарий
1	$G1 > G2$	Всегда
2	$G1 > G3$	Всегда
3	$G1 > G5$	Всегда
4	$G1 > G6$	Всегда
5	$G4 > G1$	Встречается чаще на 4 %
6	$G2 > G3$	Всегда
7	$G2 > G5$	Всегда
8	$G2 > G6$	Всегда
9	$G4 > G2$	Встречается чаще на 6 %
10	$G4 > G3$	Всегда
11	$G3 = G5$	Всегда
12	$G3 = G6$	Всегда
13	$G4 > G5$	Всегда
14	$G4 > G6$	Всегда
15	$G5 = G6$	Всегда

Выводы по полученным результатам:

1. Исходя из полученных результатов моделирования около 2,5 млн сочетаний можно утверждать, что в большинстве случаев имеются устойчивые соотношения между результатами различных систем оплаты труда, каким бы ни был закон распределения случайных величин, какие параметры констант ни были бы заданы.

2. Имеется группа соотношений, которая выполняется не всегда. Но несложно подсчитать количество случаев, на сколько чаще оно выполнялось. Таким образом, это можно использовать в качестве материала для расчета вероятности выполнения соотношения и учитывать это в предложениях для пользователя в СППР.

Заключение

В статье был поставлен актуальный вопрос разработки СППР в области выбора систем оплаты труда. Основной сложностью данной задачи является многогранность и многовариантность работы коллективов на современных предприятиях. В связи с этим до сих пор разработка адекватной предиктивной СППР считалась невозможной. Авторы же использовали богатый инструментарий имитационного моделирования, чтобы вывести закономерности функционирования некоторых СОР на предприятиях с учетом всех их возможных вариантов. Естественно, полученные результаты являются справедливыми только в рамках экономико-математических моделей, описанных авторами. Однако эти модели составлялись на основе общепризнанных экономических суждений и теорий (например, модели экономического человека), а также здравого смысла, что делает их весьма надежными.

Таким образом, нам удалось установить следующее:

1. Существуют устойчивые соотношения между результатами функционирования различных СОР.
2. Соотношения не изменяются в зависимости от закона распределения случайных переменных.
3. Соотношения не изменяются в зависимости от параметров, заданных для конкретной СОР констант.
4. СППР в области выбора СОР может с высокой долей вероятности предсказывать поведение результирующих показателей СОР, так как в ходе имитационного моделирования была получена статистика.
5. Имитационное моделирование, проведенное авторами, может быть применено для получения закономерностей для любых других СОР и, как следствие, разработки комплексного программного обеспечения предиктивной аналитики.

Список литературы

1. Бобровникова А.И. Развитие форм и систем оплаты труда в условиях рыночной экономики России // Территория науки. – 2017. – № 2. – С. 175–178.
2. Кочелорова Г.В. Совершенствование порядка оплаты труда на предприятии // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ. – 2018. – № 1 (7). – С. 28–41.
3. Соколова А.П., Дуборкина И.А. Система оплаты труда в коммерческих организациях // Сервис в России и за рубежом. – 2017. – Т. 11, № 2 (72). – С. 111–121.

4. Пути совершенствования организации оплаты труда на предприятии / Т.А. Филиппова, А.Ю. Жабунин, В.А. Экова, И.С. Шипунова // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. – 2018. – № 1 (27). – С. 171–175.

5. Слепцова Е.В., Князева А.В. Оптимизация оплаты труда в современных условиях // *Экономика и бизнес: теория и практика*. – 2017. – № 1. – С. 95–98.

6. Демидовский А.В., Бабкин Э.А. Разработка распределенной лингвистической системы поддержки принятия решений // *Бизнес-информатика*. – 2019. – Т. 13, № 1. – С. 18–32.

7. Боржеш А.М., Лебедев А.Н. Методический подход к оценке результативности систем поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовых корпорациях // *Научные ведомости Белгород. гос. ун-та. Экономика, информатика*. – 2018. – Т. 45, № 2. – С. 239–250.

8. Kitsios F., Kamariotou M. Decision support systems and business strategy: a conceptual framework for strategic information systems planning // *Proceed. of 6th IEEE Int. Conf. on IT Convergence and Security (ICITCS2016)*, 26 September 2016. – Prague, Czech Republic, IEEE, 2016. – P. 149–153. DOI: 10.1109/ICITCS.2016.7740323

9. Kaklauskas A. Biometric and intelligent decision making support. – Springer, 2015. – 236 p. – (Series Intelligent Systems Reference Library). DOI: 10.1007/978-3-319-13659-2

10. Decision support systems / M. Rashidi, M. Ghodrati, B. Samali, M. Mohammadi // *Management of Information Systems*. – 2018. – Ch. 2. – P. 19–38. DOI: 10.5772/intechopen.79390

11. Aqell M., Nakshabandi O., Adeniyi A. Decision support systems classification in industry // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. – 2019. – Vol. 7, no. 2. – P. 774–785. DOI: 10.21533/pen.v7i2.550

12. Виноградова Е.Ю. Актуальные вопросы проектирования и реализации корпоративных систем поддержки принятия управленческих решений на предприятии // *Известия Дальневост. фед. ун-та. Экономика и управление*. – 2018. – № 1 (85). – С. 102–111.

13. Шведенко В.В. Информационное обеспечение взаимодействия процессного и функционального управления деятельностью предприятия // *Известия С.-Петербург. гос. экон. ун-та*. – 2019. – № 6 (120). – С. 90–94.

14. Карамышев А.Н. Анализ методологий процессного управления, полностью охватывающих бизнес-процессы предприятия // *Вестник Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова*. – 2017. – № 5. – С. 214–217.

15. Осипов В.И., Горина А.А. Характеристика и направления развития систем управленческого учета // *Вестник Гос. ун-та упр.* – 2019. – № 5. – С. 40–47.

16. Свистунов Б.Л., Зубков А.Ф., Гусынина Ю.С. Метод выбора плотности распределения случайной величины оценки действительного значения

результата измерения на основе принципа максимума энтропии // Общие вопросы метрологии и измерительной техники. – 2019. – № 1 (27). – С. 95–102.

17. Гальмукова И.А. Методы статистического моделирования (метод Монте-Карло) // Социально-экономические проблемы регионального развития на современном этапе: материалы междунар. науч. конф., 28 марта 2018 года / Ин-т экон. «С.-Петербург. ун-т технол. упр. и экон». – Смоленск, 2018. – С. 300–304. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36317348>

18. Ермаков С.М. Заметки о методе Монте-Карло // Марчуковские научные чтения: тез. докл. междунар. конф., 1–5 июля 2019 года / С.-Петербург. гос. ун-т. – СПб., 2019. – С. 7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41893341>

19. Кузикова Д.С., Якушев А.А. Метод Монте-Карло в экономических исследованиях // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 34–3. – С. 41–45.

20. Duran J. What is a Simulation Model? // *Minds and Machines*. – 2020. – 23 p. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-020-09520-z> (accessed 16 April 2020).

References

1. Bobrovnikova A.I. Razvitie form i sistem oplaty truda v usloviakh rynochnoi ekonomiki Rossii [Compensation plan development in Russian market conditions]. *Territorii nauki*, 2017, № 2, pp. 175-178.

2. Kochelороva G.V. Sovershenstvovanie poriadka oplaty truda na predpriatii [Compensation plan development on an enterprises]. *Sotsial'no-ekonomicheskii i gumanitarnyi zhurnal krasnoarskogo GAU*, 2018, № 1 (7), pp. 28-41.

3. Sokolova A.P., Duborkina I.A. Sistema oplaty truda v kommercheskikh organizatsiakh [Compensation plan on an enterprises]. *Servis v Rossii i za rubezhom*, 2017, vol. 11, № 2 (72), pp. 111-121.

4. Filippova T.A., Zhabunin A.Iu., Ekova V.A., Shipunova I.S. Puti sovershenstvovaniia organizatsii oplaty truda na predpriatii [Ways of perfection of the organization of payment of work at the enterprise]. *Innovatsionnaia ekonomika: perspektivy razvitiia i sovershenstvovaniia*, 2018, no. 1 (27), pp.171–175.

5. Sleptsova E.V., Kniازهva A.V. Optimizatsiia oplaty truda v sovremennykh usloviakh [Compensation plan optimization in modern world]. *Ekonomika i biznes: teoriia i praktika*, 2017, № 1, pp. 95-98.

6. Demidovskii A.V., Babkin E.A. Razrabotka raspredelennoi lingvisticheckoi sistemy podderzhki priniatiia reshenii [Decision making system development based on distributed linguistic system]. *Biznes-informatika*, 2019, vol. 13, № 1, pp. 18-32.

7. Borzhesh A.M., Lebedev A.N. Metodicheskii podkhod k otsenke rezultativnosti sistem podderzhki priniatiia upravlencheskikh reshenii v neftegazovykh

korporatsiikh [Oil corporations decision making systems estimation method]. *Nauchnye vedomosti belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. seriia: ekonomika. Informatika*, 2018, vol. 45, № 2, pp. 239-250.

8. Kitsios, F., Kamariotou M. Decision support systems and business strategy: a conceptual framework for strategic information systems planning. *Proceedings of 6th IEEE International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS2016)*, 26 September 2016, Prague, Czech Republic, IEEE, 2016, pp. 149-153. DOI: 10.1109/ICITCS.2016.7740323

9. Kaklauskas A. Biometric and Intelligent Decision Making Support, Springer, 2015, 236 p. (Series Intelligent Systems Reference Library). DOI: 10.1007/978-3-319-13659-2

10. Rashidi M., Ghodrat M., Samali B., Mohammadi M. Decision support systems. *Management of Information Systems*, 2018, Ch2, pp. 19-38. DOI: 10.5772/intechopen.79390

11. Aqell M., Nakshabandi O., Adeniyi A. Decision support systems classification in industry. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 7, no. 2, 2019, pp. 774-785. DOI: 10.21533/pen.v7i2.550

12. Vinogradova E.Iu. Aktual'nye voprosy proektirovaniia i realizatsii korporativnykh sistem podderzhki priniatii upravlencheskikh reshenii na predpriatii [Designing corporate decision making systems actual problems]. *Izvestiia dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. ekonomika i upravlenie*, 2018, № 1 (85), pp. 102-111.

13. Shvedenko V.V. Informatsionnoe obespechenie vzaimodeistviia protsessnogo i funktsional'nogo upravleniia deiatel'nost'iu predpriatii [Functional management of an enterprise information support]. *Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2019, № 6 (120), pp. 90-94.

14. Karamyshev A.N. Analiz metodologii protsessnogo upravleniia, polnost'iu okhvatyvaiushchikh biznes-protsessy predpriatii [Process management and its methodology analysis]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*, 2017, № 5, pp. 214-217.

15. Osipov V.I., Gorina A.A. Kharakteristika i napravleniia razvitiia sistem upravlencheskogo ucheta [Ways of accounting management development]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta upravleniia*, 2019, № 5, pp. 40-47.

16. Svistunov B.L., Zubkov A.F., Gusynina Iu.S. Metod vybora plotnosti raspredeleniia sluchainoi velichiny otsenki deistvitel'nogo znacheniiia rezul'tata izmereniia na osnove printsipa maksimuma entropii [Random quantity distribution selecting method according to maximum entropy pricipal]. *Obshchie voprosy metrologii i izmeritel'noi tekhniki*, 2019, № 1 (27), pp. 95-102.

17. Gal'mukova I.A. Metody statisticheskogo modelirovaniia (metod monte-karlo) [Monte-Carlo method as a method of statistical modeling]. *Sotsial'no-ekonomicheskie problemy regional'nogo razvitiia na sovremennom etape: materialy*

mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, 28 March 2018. Institut ekonomiki «Spb un-t tekhnologii upravleniia i ekonomiki». Smolensk, 2018, pp. 300-304.

18. Ermakov S.M. Zametki o metode monte-karlo [About Monte-Carlo method]. *Marchukovskie nauchnye chteniia: Tezisy Mezhdunarodnoi konferentsii*, 1–5 July 2019. Saint-Petersburg government university, Saint-Petersburg, 2019, pp. 7.

19. Kuzikova D.S., Iakushev A.A. Metod monte-karlo v ekonomicheskikh issledovaniiaxh [Monte-Carlo method in economic researches]. *Tendentsii razvitiia nauki i obrazovaniia*, 2018, № 34. -3, pp. 41-45.

20. Duran J. What is a Simulation Model? *Minds and Machines*, 2020, 23 p., available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-020-09520-z> (accessed 16 April 2020).

Получено 16.04.2020

Принято 22.05.2020

Сведения об авторах

Шильников Александр Сергеевич (Томск, Россия) – директор ООО «Научно-производственный комплекс “Электротепловые технологии”», соискатель, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (634063, Томск, ул. Березовая, 2/5, e-mail: alex.shilnikov@mail.ru).

Мицель Артур Александрович (Томск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления», Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, профессор кафедры «Информационное обеспечение инновационной деятельности», Национальный исследовательский Томский государственный университет, профессор отделения цифровых технологий и отделения экспериментальной физики, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: maa@asu.tusur.ru).

About authors

Aleksandr S. Shil'nikov (Tomsk, Russian Federation) – NPK “Electro-Heat Technologies” LLC, Ph.D. Student, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (634063, Tomsk, Berezovaya st., 2/5, e-mail: alex.shilnikov@mail.ru).

Artur A. Mitsel' (Tomsk, Russia Federation) – Dr. Habil. in Engineering, Professor, Department of the Automation Control Systems, Tomsk State University

of Control Systems and Radioelectronics; Professor, Department of the Informational Support of Innovative Activity, Tomsk State University; Professor, Department of the Experimental Physics, Department of the Digital Technologies, Tomsk Polytechnic University (634050, Tomsk, Lenina av., 40, e-mail: maa@asu.tusur.ru).

Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

Шильников, А.С. Имитационное моделирование систем оплаты труда с учетом различных распределений случайных величин / А. С. Шильников, А. А. Мицель. – DOI 10.15593/2499-9873/2020.2.10. – Текст : непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2020. – № 2. – С. 191–210.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Шильников А.С., Мицель А.А. Имитационное моделирование систем оплаты труда с учетом различных распределений случайных величин // Прикладная математика и вопросы управления. – 2020. – № 2. – С. 191–210. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.2.10

Цитирование статьи в references и международных изданиях:

Cite this article as:

Shil'nikov A.S., Mitsel' A.A. Compensation plan simulation modeling considering different random quantity distributions. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2020, no. 2, pp. 191–210. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.2.10 (*in Russian*)