

Desktop Grid Based Assessment of the Game-Theoretical Model of Regional Digitalization Support in Aquaculture¹

Александр Бекарев¹, Александр Головин², Анна Реттиева²

¹Лаборатория цифровых технологий регионального развития, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск

²Институт прикладных математических исследований, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск

Russian Supercomputing Days, 2024

¹Исследование поддержано РФФ, грант № 23-21-00048

Объект и предмет исследования

Предмет исследования - процесс цифровизации как внедрения современных цифровых и технических решений на предприятиях аквакультуры Республики Карелия (региона, доминирующего по объёмам производства товарной форели на рынке России - 70% всей форели РФ)

Объект исследования - оценка эффективности цифровизации как на уровне рыбоводческих предприятий так и в целом на региональном уровне

Постановка проблемы - Исследование регионального развития как системы взаимодействующих субъектов: предприятий и центра (государства) в процессе цифровизации рыбохозяйственного комплекса.

Актуальность и главные акценты стратегической значимости цифровизации в региональном развитии

Экологизация - снижение экологической нагрузки благодаря оптимизации основных бизнес-процессов;

Снижение уровня рисков - технических и биологических;

Новый тип планирования - ресурсосбережение, предиктивная аналитика, снижение рутинного функционала, обоснованность оперативных управленческих решений на любом уровне;

Исследование уровня цифровизации предприятий аквакультуры Карелии

В рамках модернизации и расширения производства

- **70%** предприятий планируют установку современного рыбоводного оборудования;
- **30%** – современного специализированного программного обеспечения;
- **Получаемые эффекты при внедрении современных цифровых и технических решений** - снижение биологических и технических рисков, рост объёмов производства, реализации и выручки.

Предлагаемый метод

Новизна метода - заключается в установлении взаимосвязи между стратегиями развития центра и эффектами предприятий в процессе внедрения цифровых и технических решений.

Задача Центра (Минсельхоз РК) - реализовать функцию государственной поддержки в виде субсидирования части (до 30%) затрат предприятий на приобретение нового оборудования таким образом, что бы максимально эффективно обеспечить задачи регионального развития сектора;

Задача рыбоводческого предприятия - реализовать собственную стратегию цифровизации таким образом, что бы получить максимальный эффект от внедрения в условиях ограниченного бюджета с учётом субсидии центра.

Модель. Обозначения.

T - горизонт планирования (в годах)

M - число доступных на рынке цифровых решений

N - число предприятий (рыбовоchedских хозяйств)

$V_t^i(\cdot)$ - функция, описывающая объемы производства предприятия i в момент t , выраженные в деньгах, зависящая от субсидии

a_j - затраты (капитальные) на приобретение решения j

b_j - оперативные расходы (как % от капитальных затрат) на решение j

e_j - эффект от решения j

$x_t^i = (x_{1t}^i, \dots, x_{mt}^i)$ - стратегия предприятия i , где $x_{jt}^i \in \{0, 1\}$ - индикатор, что i приобретает решение j в момент t

$\varepsilon_t = (\varepsilon_t^1, \dots, \varepsilon_t^n)$ - стратегия центра, где ε_t^i определяет размер поддержки предприятия i в момент t , выражается как процент от капитальных затрат на приобретение решений

u - доля объема производства $V_t^i(\cdot)$, которую предприятие i готово использовать на цифровизацию

S_t - объем субсидий (бюджет центра) доступный в момент времени t .

Модель

$$V_{t+1}^i(\epsilon^i) = V_t^i(\epsilon^i) + \sum_{j=1}^M \left[\underbrace{(e_j V_t^i(\epsilon^i) - a_j b_j)}_{\text{эффект в год } t} \underbrace{\sum_{\tau=1}^t x_{j\tau}^i}_{\text{с покупки}} - \underbrace{a_j(1 - \epsilon_t^i)x_{jt}^i}_{\text{капзатраты}} \right]$$

$$\sum_{j=1}^M x_{jt}^i (a_j(1 - \epsilon_t^i) + a_j b_j) \leq u V_t^i(\epsilon^i), \quad (\text{доля бюджета предприятия})$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M a_j x_{jt}^i \epsilon_t^i \leq S_t, \quad (\text{ограничение суммы субсидии})$$

$$S_t = S_1 \prod_{\tau=1}^t \min \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{\tau}^i(\epsilon_{\tau}^i)}{n \sum_{i=1}^n V_{\tau-1}^i(\epsilon_{\tau-1}^i)}, 1.2 \right) \quad (\text{динамика субсидии в секторе})$$

Модель. Стратегии

На горизонте планирования T :

Результат для предприятия i : максимизация объема

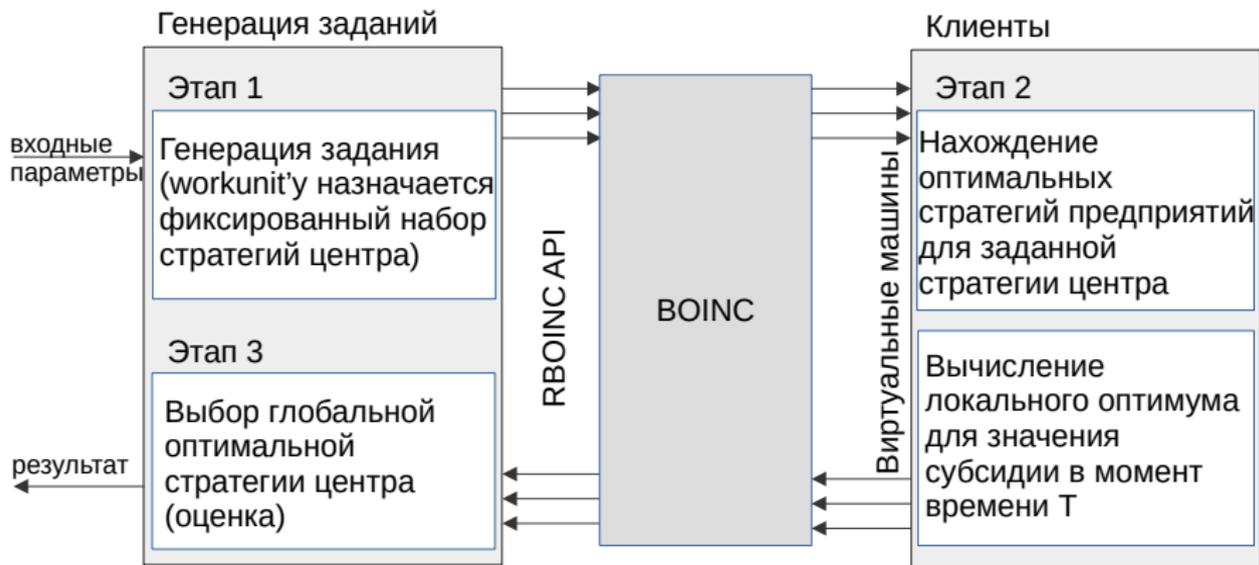
$$J^i = V_T^i(\varepsilon^i) \rightarrow \max_{x_1^i, \dots, x_T^i} \quad (1)$$

Результат для центра: максимизация субсидии

$$J^0 = S_T \rightarrow \max_{\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_T} \quad (2)$$

$$\varepsilon_t^i = \begin{cases} 0, & \text{предприятие } i \text{ не получает субсидию в момент } t \\ \min \left(0.3, \frac{S_t}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M a_j x_{jt}^i} \right), & \text{иначе.} \end{cases}$$

Реализация модели на Desktop Grid на базе BOINC



Организация вычислений

Программа на языке R + пакет RBOINC, реализующий взаимодействие с BOINC (постановку заданий, получение ответов).

Для проведения эксперимента использовались вычислительные мощности Института прикладных математических исследований Карельского научного центра (20 машин).

Численный эксперимент. Параметры

#	Техническое/цифровое решение	Кап.затр., a_i , руб.	Эффект, e_i , % от V	Опер. затр., b_i , % от a_i
1	Авт. системы кормления	43900	6	30
2	Счётчики рыбы	170000	3	25
3	Сортировщики рыбы	95000	3	25
4	Авт. системы УЗВ	350000	10	30
5	Технологии IoT	150000	2	20
6	Технологии BIG DATA	1000000	3	17
7	Датчики сред и оборуд-я	400000	1	5
8	Специализированное ПО	70000	10	5
9	Сист. безопасности	24000	3	10
10	Авт. рыбонасосы	250000	5	15
⋮				

Объемы производства в год t и полученные субсидии

Предпр.	Объем, млн. руб.				Субсидия, руб.		
	0	1	2	3	1	2	3
1	1200	1429	1976	3181	0	269790	347988
2	75	89	125	202	0	211500	165488
3	386	456	640	1035	0	0	0
4	12	13	16	23	0	0	155000
5	1300	1562	2219	3656	0	0	0
⋮							
13	205	248	357	585	0	266790	358488
14	220	264	373	604	889300	270290	346738
15	1300	1530	2144	3482	0	274400	0
16	900	1070	1465	2341	0	265390	0
Итого					7568025	7574971	7579861

Стратегии игроков: 1 - купить решение, 0 - иначе

Предпр.	Год	Техническое/цифровое решение													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
	3	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
⋮															
16	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
	2	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1
	3	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Перспективы использования Desktop Grid вычислений

Собрать данные, уточнить входные параметры модели и проверить насколько сильно отличается качество различных решений в зависимости от выбранных стратегий различных предприятий.

Если качество решений отличается, то организовать масштабный вычислительный эксперимент.

В эксперименте рассматривалось 16 предприятий, которые обратились за поддержкой и 14 видов цифровых решений. Полный перебор при таких условиях на одном компьютере может занять около 3 месяцев расчета. Предприятий аквакультуры в регионе 70+ и теоретически они все могут обратиться за субсидией. Цифровых решений тоже может быть больше 14.

Спасибо за внимание!

Бекарев Александр

Лаборатория цифровых технологий регионального развития,

Карельский научный центр РАН

`bekarev@krc.karelia.ru`

ORCID: orcid.org/0000-0003-1865-8508

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/>