PEER Cycle 4 - Transboundary water management adaptation in the Amudarya basin to climate change uncertainties

Модель Зоны Планирования: Методология, Тестирование, Демонстрация

Хафазов Руслан (НИЦ МКВК)
ruslan.khafazov@gmail.com

Цели и задачи

Цель - Адаптация модели управления бассейном Аральского моря ASBMM.

Задачи:

- Анализ текущего состояния системы ASBMM и подсистемы PZM в частности.
- Анализ модулей и архитектуры подсистемы зоны планирования PZM.
- Применение методологий семейства IDEF для моделирования подсистемы PZM.
- Применение методологии IDEF0 для проектирования функциональной модели зоны планирования.
- Применение методологии IDEF1X для проектирования информационной модели зоны планирования.
- Внедрение функциональной и информационной моделей в подсистему PZM.

Методологии семейства IDEF

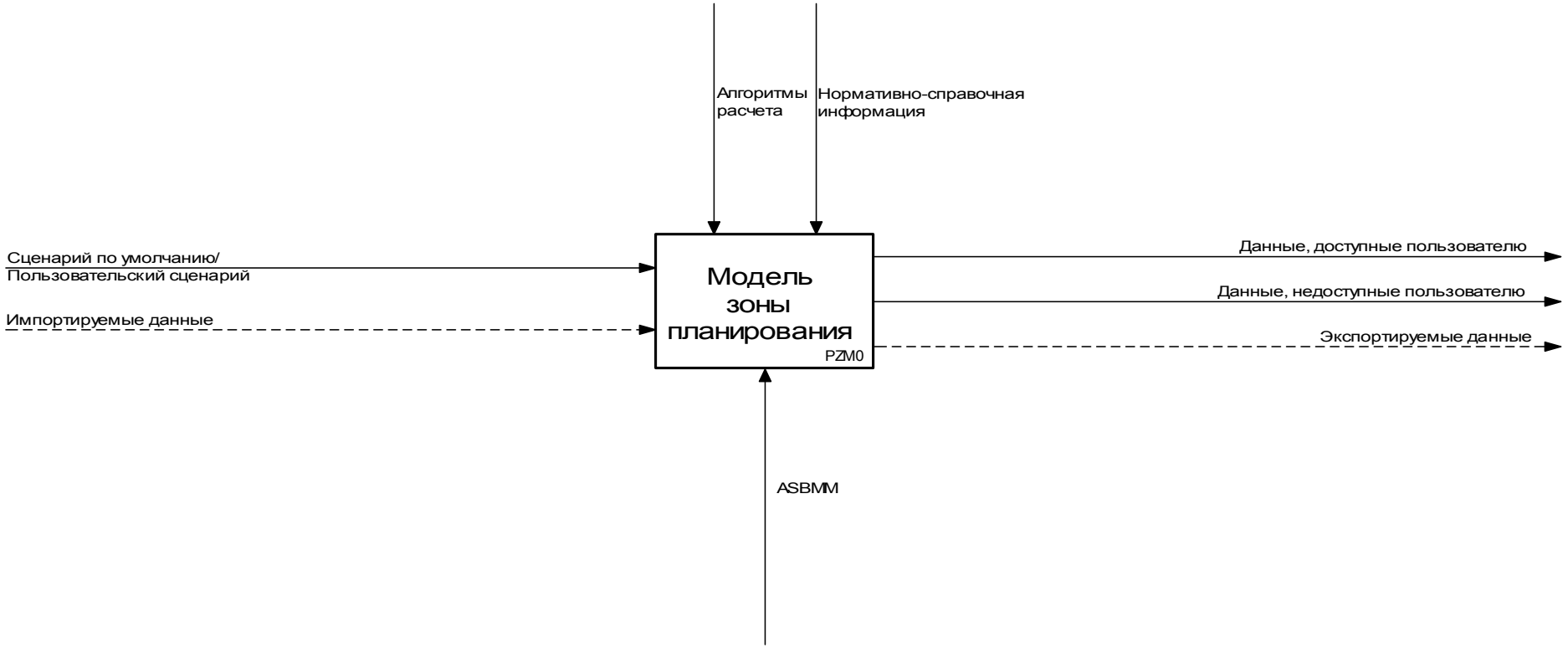
- Методологии семейства IDEF (Integrated DEFinition) применяются для решения задач моделирования сложных систем, позволяют отображать и анализировать модели деятельности широкого спектра сложных систем в различных разрезах. Широта и глубина анализа процессов в системе определяется самим разработчиком, что позволяет не перегружать создаваемую модель излишними данными.
- Методологии создавались в рамках предложенной ВВС США программы компьютеризации промышленности. После опубликования стандарта он был успешно применен в самых различных областях науки, показав себя эффективным средством анализа, конструирования и отображения бизнес-процессов.

Методология функционального моделирования IDEF0

- Методология функционального моделирования IDEF0 применяется для анализа, формализации и описания бизнес-процессов.
- С помощью наглядного графического языка методологии IDEF0 изучаемая система предстает перед разработчиками и аналитиками в виде набора взаимосвязанных функциональных блоков. Описание блока выглядит как «чёрный ящик» с входами, выходами, управлением и механизмом, который постепенно детализируется до необходимого уровня.
- Как правило, моделирование средствами методологии IDEF0 является первым этапом изучения любой системы.

Контекстная диаграмма

USED AT:	AUTHOR: ruslan.khafazov@gmail.com PROJECT: Модель зоны планирования NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	DATE: 13.04.2016 REV: 04.05.2016	WORKING DRAFT RECOMMENDED PUBLICATION	READER DATE	CONTEXT: TOP



NODE:	TITLE:	NUMBER:
PZM-0	Модель зоны планирования	

Декомпозиция контекстной диаграммы

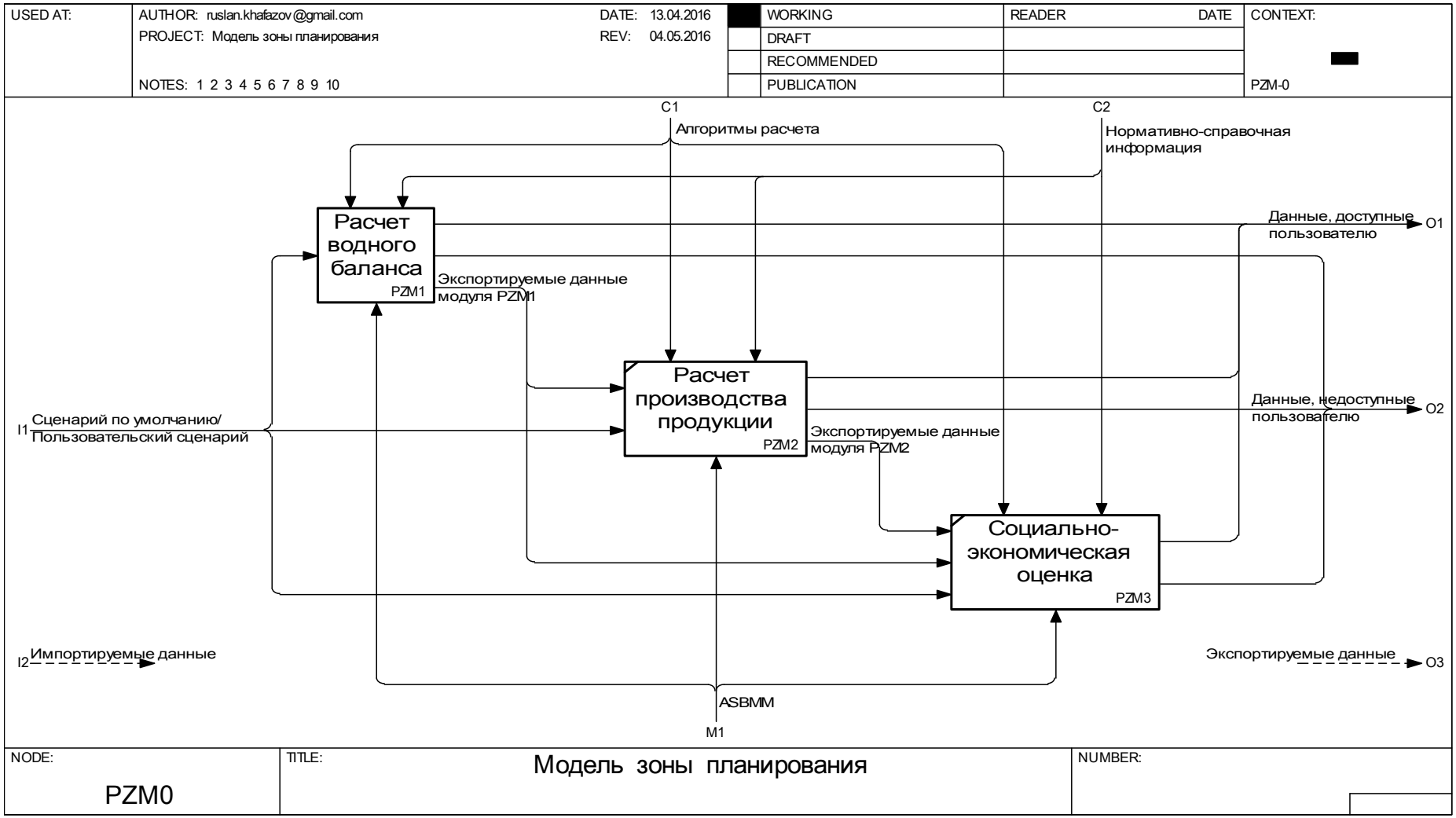
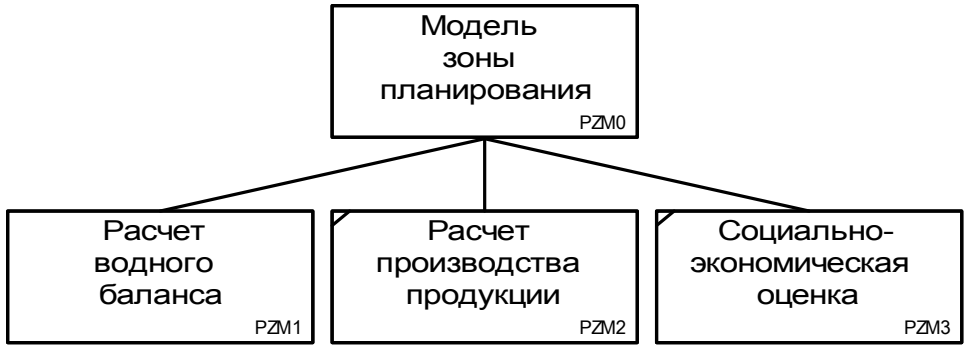


Диаграмма дерева узлов

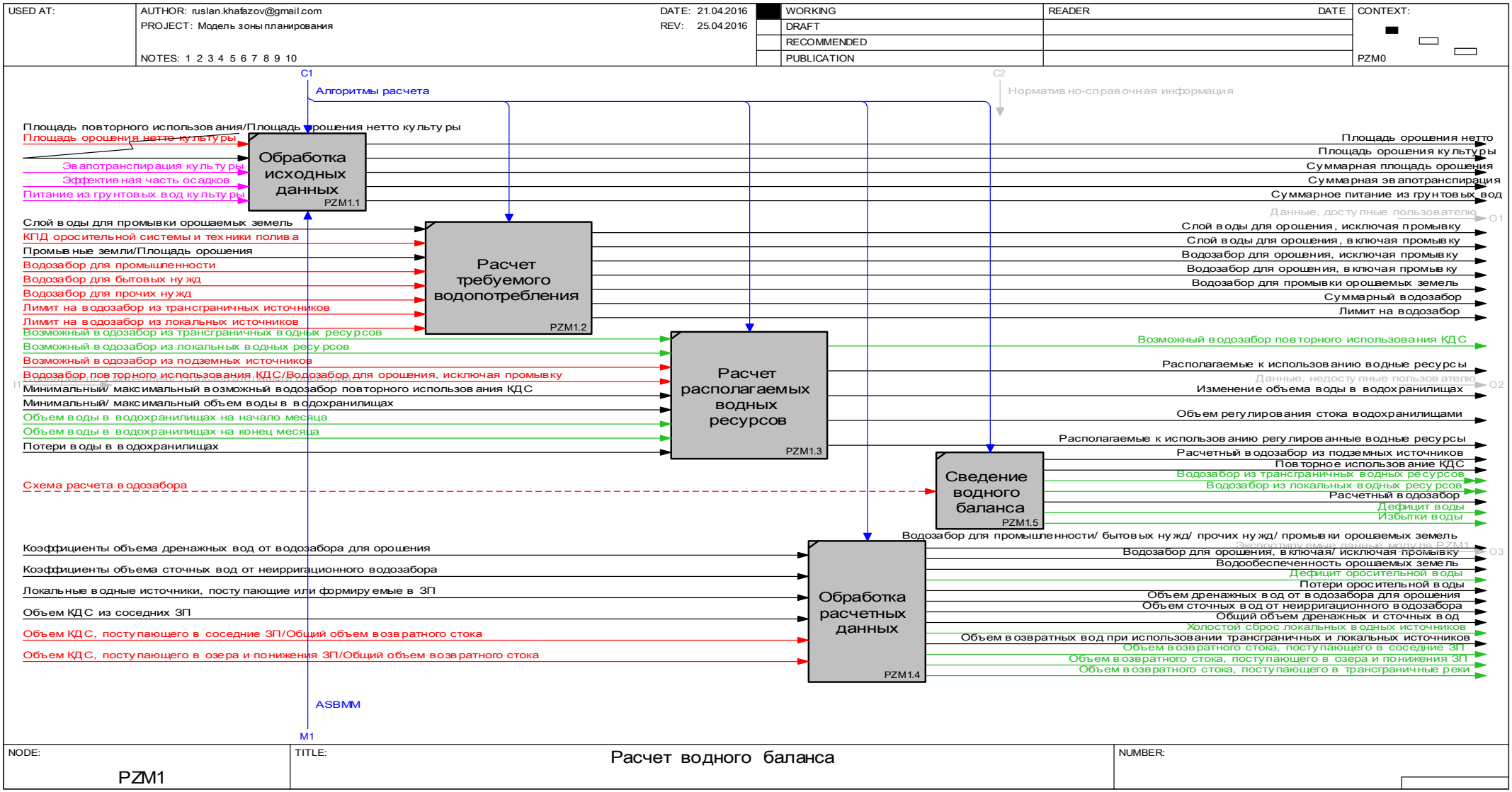
USED AT:	AUTHOR: ruslan.khafazov@gmail.com	DATE: 04.05.2016	WORKING	READER	DATE	CONTEXT:
	PROJECT: Модель зоны планирования	REV: 04.05.2016	DRAFT			TOP
			RECOMMENDED			
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		PUBLICATION			PZM-0



- Обработка исходных данных
- Расчет требуемого водопотребления
- Расчет располагаемых водных ресурсов
- Обработка расчетных данных
- Сведение водного баланса

NODE:	TITLE:	NUMBER:
PZM0	Модель зоны планирования	

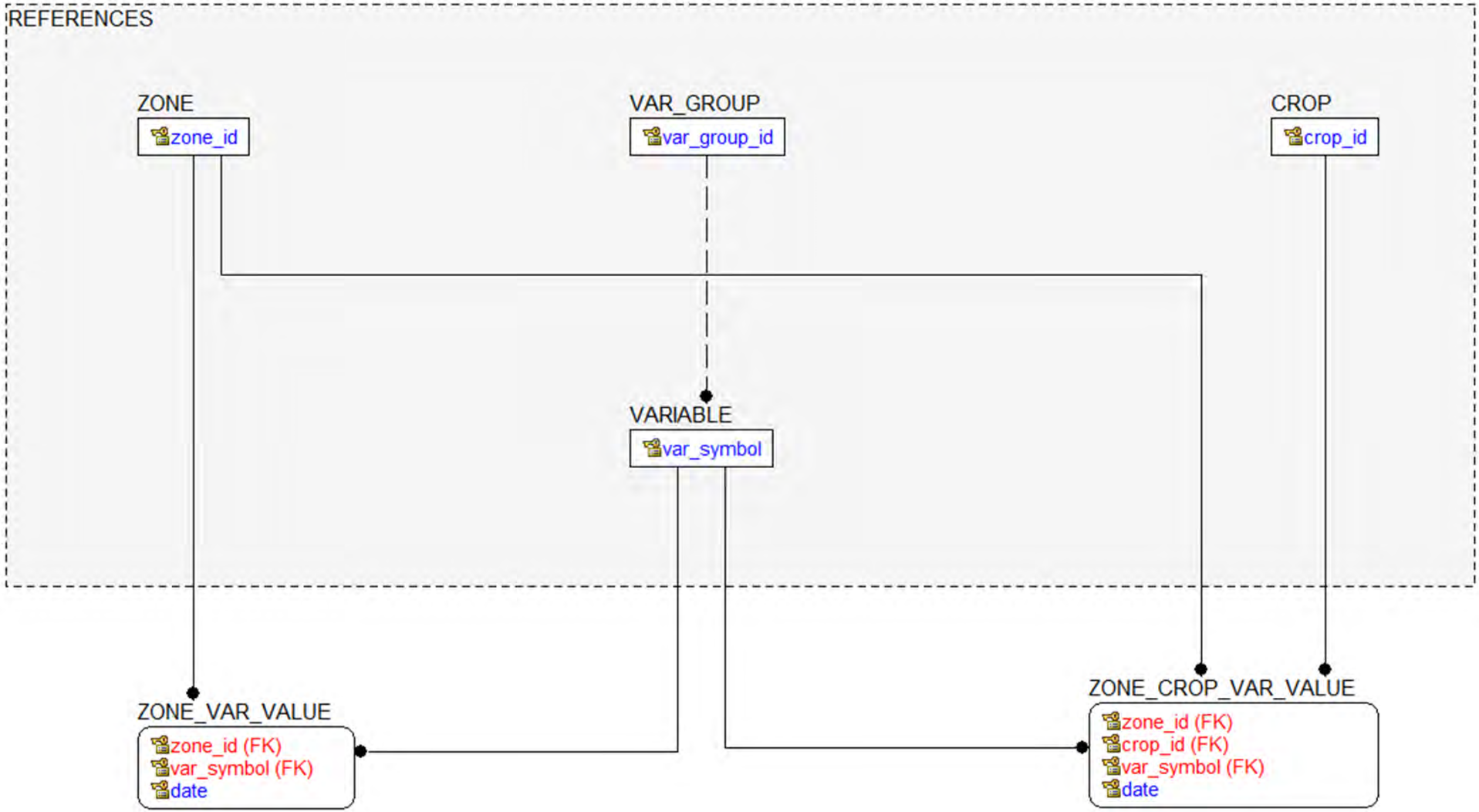
Декомпозиция модуля «Расчет водного баланса»



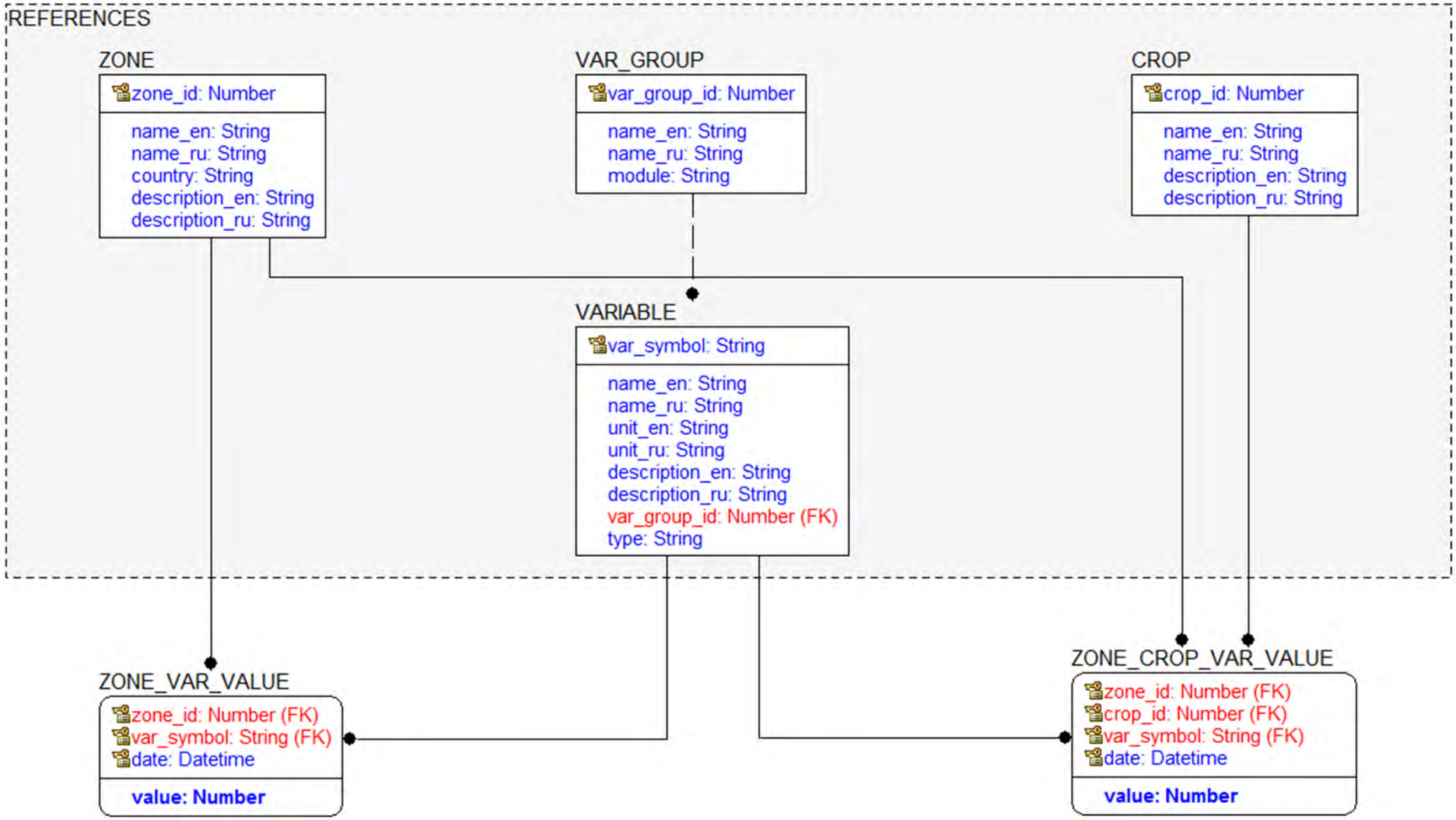
Методология информационного моделирования IDEF1X

- Методология информационного моделирования IDEF1 применяется для моделирования информационных потоков внутри системы, позволяет отображать и анализировать их структуру и взаимосвязи. В настоящее время на основе совершенствования методологии IDEF1 создана её новая версия - методология IDEF1X (IDEF1 Extended).
- Методология IDEF1X применяется для моделирования баз данных на основе модели «сущность-связь». Методология IDEF1X основана на подходе П. Чена и позволяет построить реляционную базу данных.
- Как правило, методология информационного моделирования IDEF1X используется для моделирования реляционных баз данных, имеющих отношение к рассматриваемой системе.

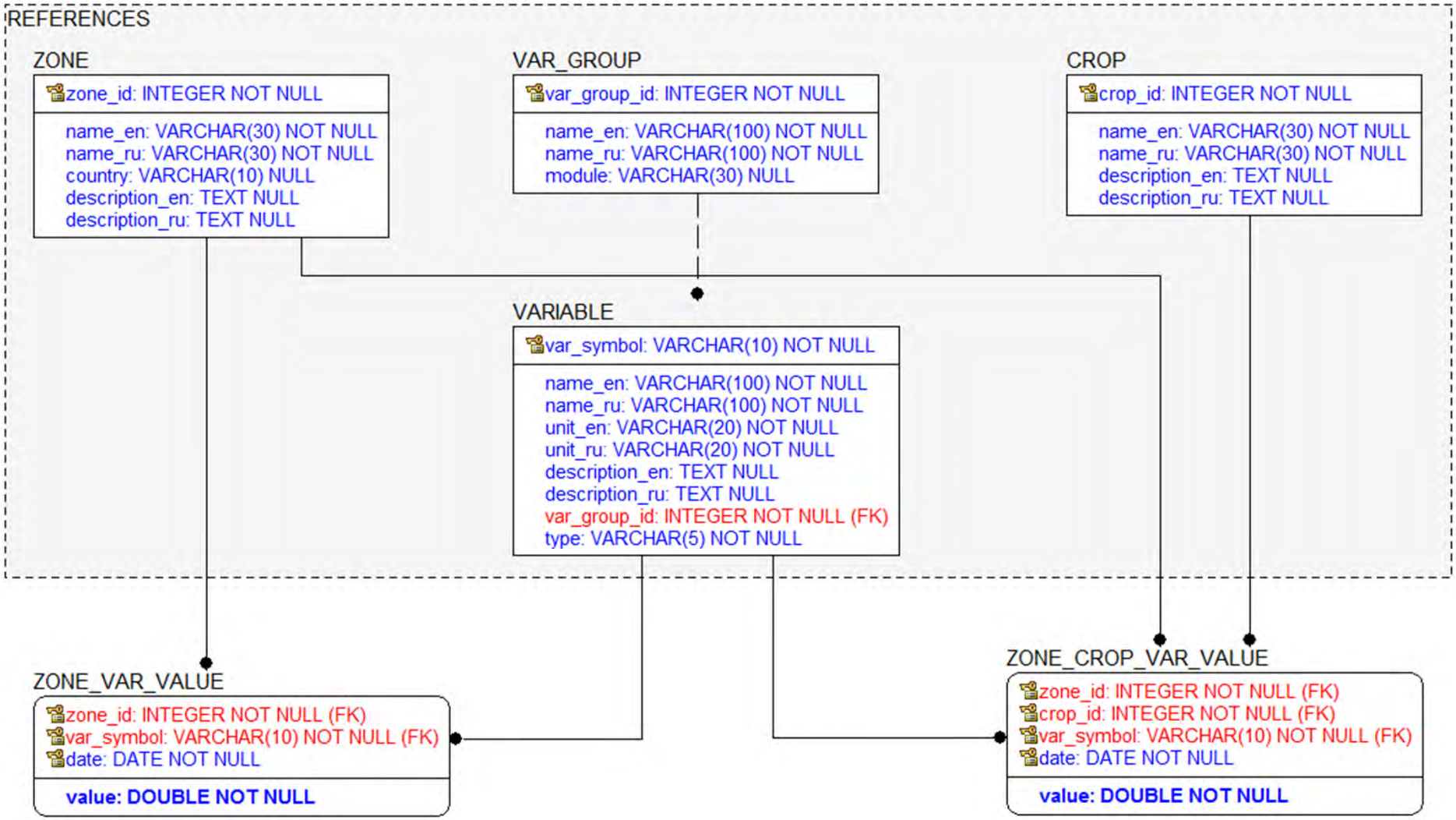
Концептуальная модель базы данных



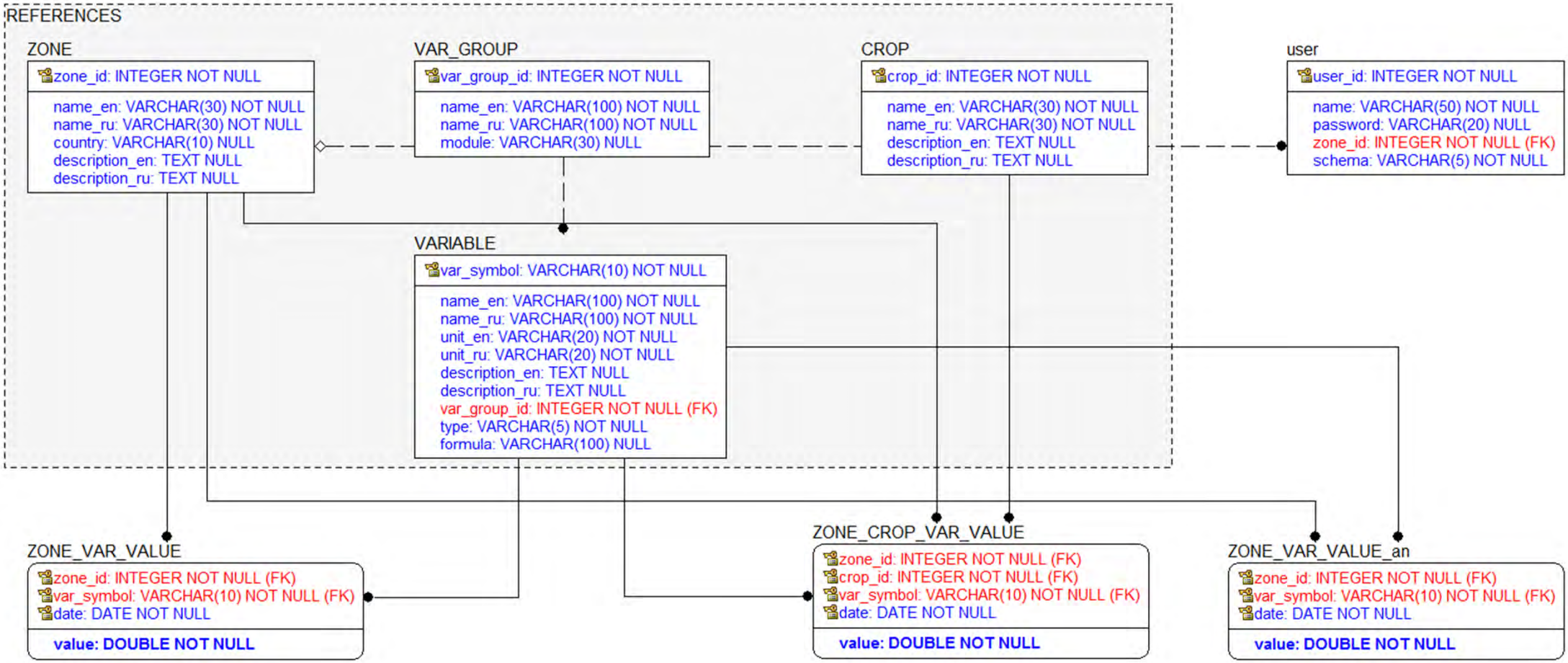
Логическая модель базы данных



Физическая модель базы данных



Физическая модель базы данных



Средства и методологии разработки серверной части модели

Серверная часть модели реализована в виде хранимых процедур СУБД MariaDB 10.1 (MySQL)

Таблицы (12)

crop	16,0 KiB
user	32,0 KiB
variable	80,0 KiB
var_group	16,0 KiB
var_value_out	240,0 KiB
var_value_out_an	96,0 KiB
var_value_out_mod	96,0 KiB
zone	16,0 KiB
zone_crop_var_value	1,5 MiB
zone_crop_var_value_mod	16,0 KiB
zone_var_value	48,0 KiB
zone_var_value_an	48,0 KiB

Процедуры (17)

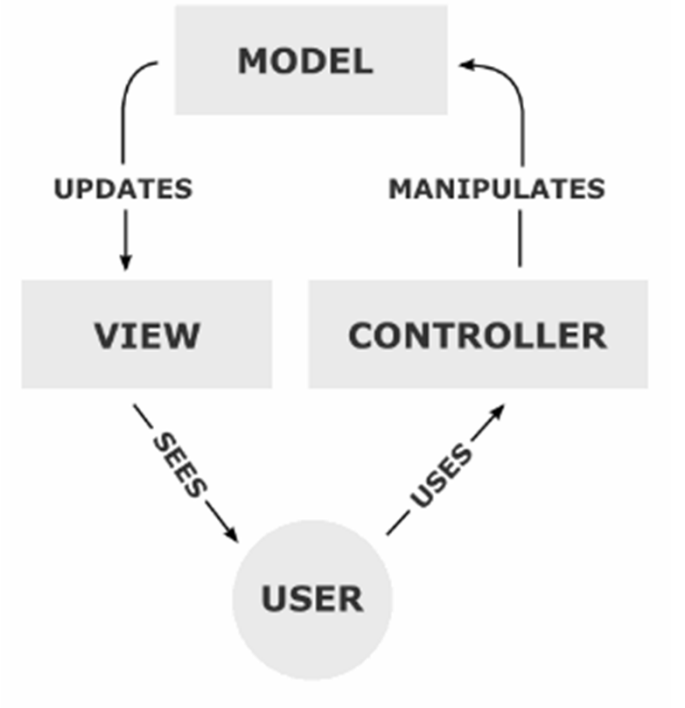
- create_out
- create_var_value_out
- create_var_value_out_an
- create_var_value_out_mod
- get_crops
- get_monthnames
- get_type_var_groups
- get_user_lang
- get_user_zone
- get_var_symbols_an
- get_var_value_out
- get_var_value_out_an
- get_var_value_out_mod
- get_years
- get_zones
- set_user_lang
- set_user_zone

Описание основных хранимых процедур

Хранимая процедура	create_var_value_*	get_var_value_*
out	Расчет водного баланса	Выбор результатов расчета водного баланса
out_mod	Расчет продукции орошаемого земледелия и социально-экономическая оценка	Выбор результатов расчета
out_an	Анализ расчетных и фактических данных	Выбор результатов анализа
get_*, set_*	Дополнительные процедуры клиентской части модели	

Средства и методологии разработки клиентской части модели

Клиентская часть модели реализована с помощью веб-фреймворка Yii 2.0, использующего парадигму MVC



Описание основных компонентов MVC

<table>
<tr><th>Model</th><th colspan="2">Controller</th><th colspan="2">View</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Модель реализована в виде хранимых процедур СУБД</td><td colspan="2">Контроллер SiteController</td><td colspan="2">calculation</td></tr>
<tr><td rowspan="2">actionCalculation</td><td rowspan="2">Метод (контроллер) расчетов модели</td><td colspan="2">Представление результатов расчета водного баланса</td></tr>
<tr><td colspan="2">calculationmod</td><td>Представление результатов расчета</td></tr>
<tr><td>actionAnalysis</td><td>Метод (контроллер) анализа расчетных и фактических данных</td><td>analysis</td><td>Представление результатов анализа</td></tr>
</table>

Пример представления результатов расчета водного баланса

Модель зоны планирования | Главная | Расчет модели | Анализ расчетных данных | En

Выберите зону планирования > Хорезмская | Расчет модели

Выберите модуль > Расчет водного баланса | Расчет продукции орошаемого земледелия | Социально-экономическая оценка

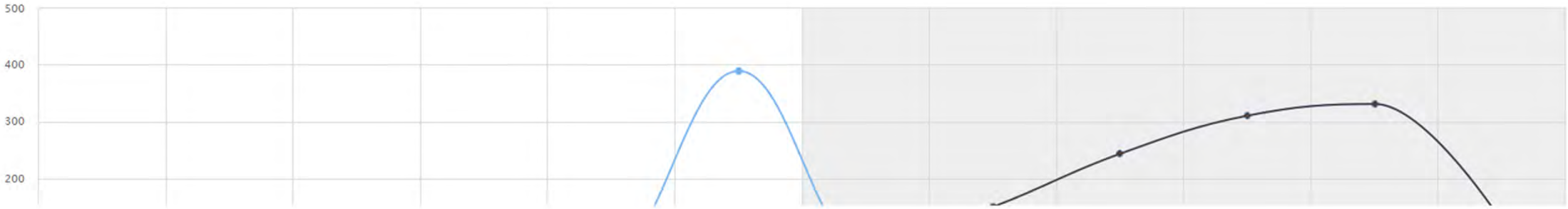
Выберите тип данных > Входные данные | Обработка данных | Расчетные данные

Выберите гидрологический год > 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015

Выберите группу индикаторов > Все индикаторы | Расчетное водопотребление и дефицит воды | Расчетный водозабор из трансграничных и локальных ресурсов | Расчетный водозабор на орошение | Формирование возвратного стока | Распределение возвратного стока | Урожайность | Экономика

Всего 5 записи.

Наименование	Ед измерения	Формула	October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September	Межвегетация	Вегетация	Год
Водозабор для орошения, включая промывку	млн куб. м/мес	W_irrflu=W-WN_ind-WN_dom-WN_oth	0.00	0.00	121.10	26.56	58.27	389.11	74.35	151.02	244.26	310.88	331.21	123.68	595.04	1235.40	1830.44
Водозабор для орошения, исключая промывку	млн куб. м/мес	W_irr=IF(W_irrflu-WN_flu>0,W_irrflu-WN_flu,0)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.35	151.02	244.26	310.88	331.21	123.68	0.00	1235.40	1235.40
Водообеспеченность орошаемых земель	млн куб. м/мес	K_irr=W_irr/WN_irr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	6.00	6.00
Дефицит оросительной воды	млн куб. м/мес	D_irr=IF(WN_irr-W_irr>=0,WN_irr-W_irr,0)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Потери оросительной воды	млн куб. м/мес	LO_irr=W_irr*(1-n)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	52.82	85.43	108.73	115.84	43.26	0.00	432.08	432.08



Пример представления результатов расчета продукции орошаемого земледелия

Модель зоны планирования

Главная | Расчет модели | Анализ расчетных данных | En

Выберите зону планирования > Хорезмская | Расчет модели

Выберите модуль > Расчет водного баланса | Расчет продукции орошаемого земледелия | Социально-экономическая оценка

Выберите тип данных > Входные данные | Обработка данных | Расчетные данные

Выберите культуру > По зоне планирования | Хлопчатник | Пшеница | Рис | Кукуруза | Овощи | Сады | Кормовые | Прочие | Приусадебные

Всего 5 записи.

Наименование	Ед измерения	Формула	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Потеря урожая культуры	т	L_O_c=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Потеря урожайности культуры	т/га	L_Y_c=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Урожай культуры	т	O_c=	265000.32	225120.00	261284.59	260099.90	258166.68	258166.68
Потенциальный урожай культуры	т	O_max_c=	265000.32	225120.00	261284.59	260099.90	258166.68	258166.68
Урожайность культуры	т/га	Y_c=	2.55	2.40	2.79	2.77	2.75	2.75

Пример представления результатов социально-экономической оценки

Модель зоны планирования

Главная | Расчет модели | Анализ расчетных данных | En

Выберите зону планирования > Хорезмская | Расчет модели

Выберите модуль > Расчет водного баланса | Расчет продукции орошаемого земледелия | Социально-экономическая оценка

Выберите тип данных > Входные данные | Обработка данных | Расчетные данные

Выберите культуру > По зоне планирования | Хлопчатник | Пшеница | Рис | Кукуруза | Овощи | Сады | Кормовые | Прочие | Приусадебные

Всего 8 записи.

Наименование	Ед измерения	Формула	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Доход в орошаемом земледелии	$	INC=	432099205.23	222606787.75	356311286.26	374220457.42	388017323.18	150889153.15
Продуктивность земли	$/га	INC_f=	1533.35	1078.00	1554.59	1655.11	1711.44	1188.10
Потенциальный доход в орошаемом земледелии	$	INC_max=	432099205.23	222606787.75	356311286.26	374220457.42	388017323.18	150889153.15
Продуктивность оросительной воды	$/куб. м	INC_w=	255186.31	222748.18	292745.17	303222.88	314082.85	243009.26
Потеря дохода в орошаемом земледелии	$	L_INC=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Добавленная стоимость производства орошаемого земледелия	$	VA_irr=	397580965.23	195792907.75	326939066.26	345078277.42	358877663.18	132160153.15
Добавленная стоимость производства и переработки орошаемого земледелия	$	VA_irrp=	536241315.51	307364604.55	476716201.19	494762624.42	508966611.38	251534915.75
Добавленная стоимость на человека	$/чел	VA_irrp_m=	334.92	188.67	288.26	293.78	296.67	0.00

Пример представления результатов анализа расчетных и фактических данных

Модель зоны планирования | Главная | Расчет модели | Анализ расчетных данных | En

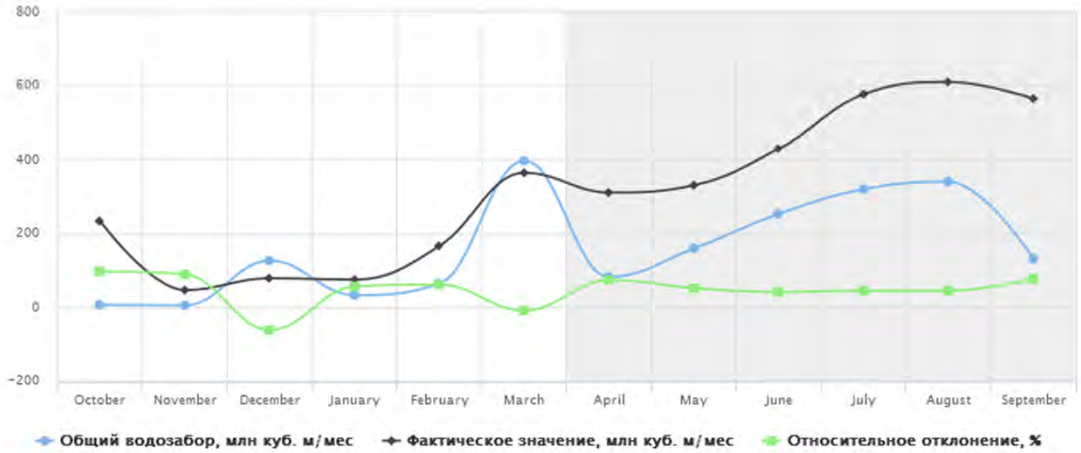
Зона планирования: Хорезмская

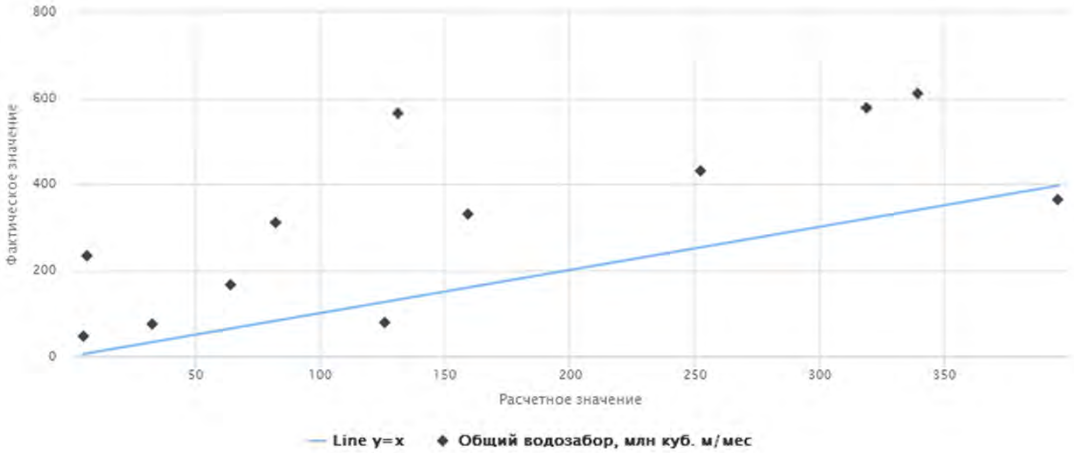
Выберите гидрологический год > 2010 2011 2012 2013 2014 2015

Выберите индикатор > Общий водозабор | Водозабор из трансграничных водных ресурсов | Водозабор для орошения, включая промывку | Общий объем дренажных и сточных вод | Объем возвратного стока, поступающего в озера и понижения | Объем возвратного стока, поступающего в соседние ЗП - Сарыкамышское озеро | Объем возвратного стока, поступающего в реки

Всего 3 записи.

Наименование	Ед измерения	Формула	October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September	Межвегетация	Вегетация	Год
Общий водозабор	млн куб. м/мес	W=W_tr+W_loc+WP_gr+WP_rp	6.77	5.15	126.04	32.75	64.34	395.59	82.12	159.07	252.31	319.04	339.17	131.12	630.64	1282.83	1913.47
Фактическое значение	млн куб. м/мес	fW=	232.76	46.46	78.23	74.75	165.72	363.06	309.88	329.63	429.57	578.01	611.17	565.86	960.98	2824.12	3785.10
Относительное отклонение	%	rW=(fW-W)/fW	97.09	88.92	-61.11	56.19	61.18	-8.96	73.50	51.74	41.27	44.80	44.50	76.83	34.38	54.58	49.45

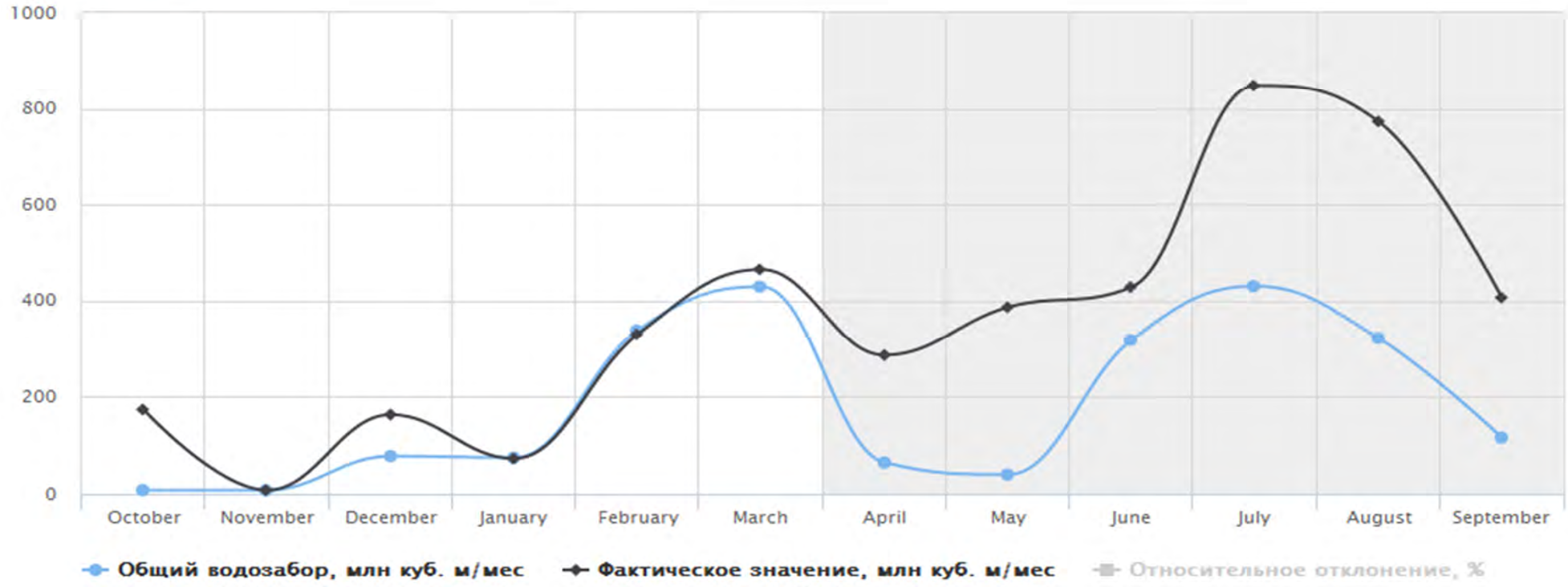




Анализ сходимости расчетных и фактических данных на примере Хорезмской зоны планирования

Общий водозабор 2014 г. до калибровки:

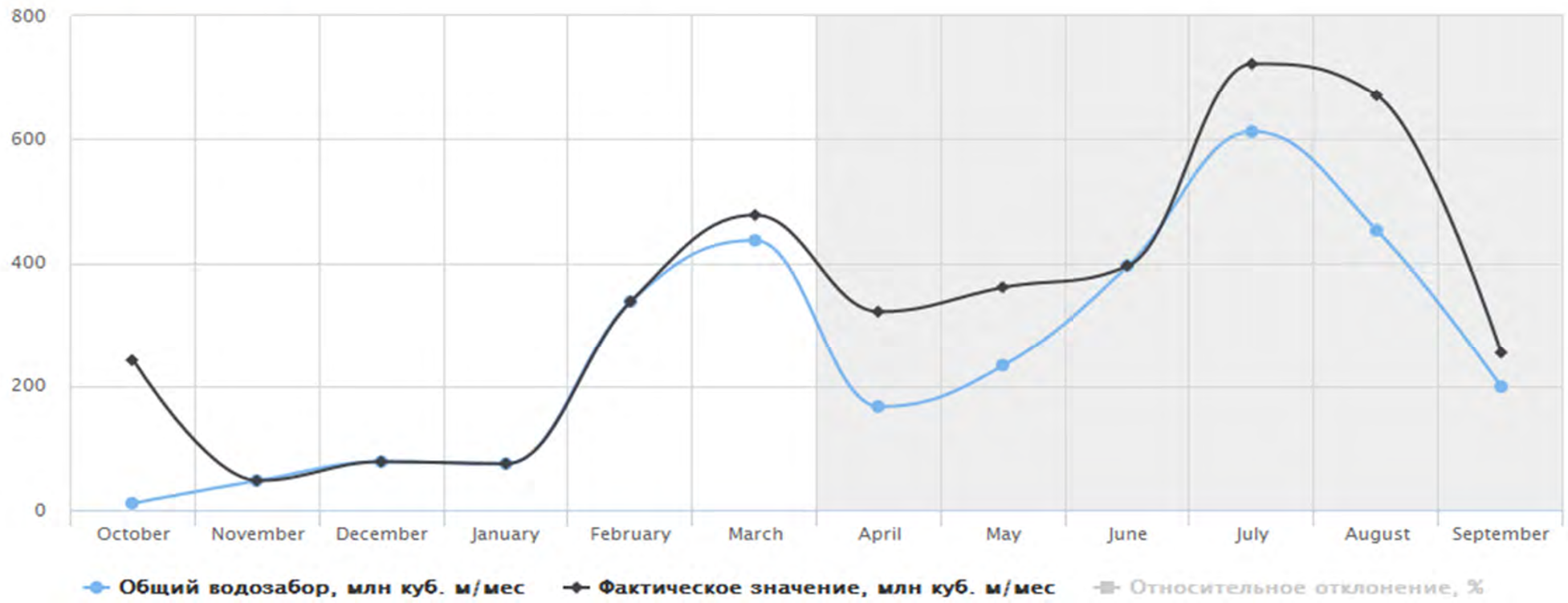
Коэффициент корреляции		$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2}\sqrt{\sum(Y-\bar{Y})^2}}.$	0.76
Коэффициент детерминации		$R^2=(r_{XY})^2.$	0.58



Анализ сходимости расчетных и фактических данных на примере Хорезмской зоны планирования

Общий водозабор 2014 г. после калибровки:

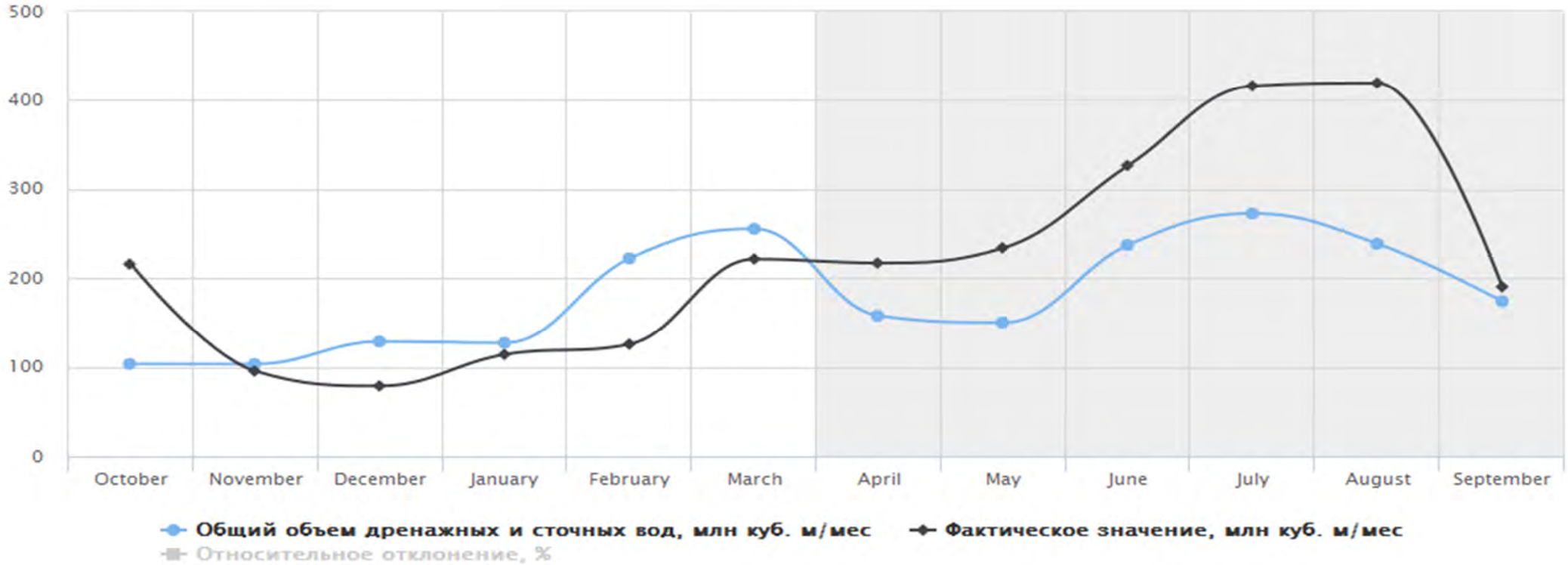
Коэффициент корреляции		$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2}\sqrt{\sum(Y-\bar{Y})^2}}.$	0.92
Коэффициент детерминации		$R^2=(r_{XY})^2.$	0.84



Анализ сходимости расчетных и фактических данных на примере Хорезмской зоны планирования

Общий объем дренажных и сточных вод 2014 г. до калибровки:

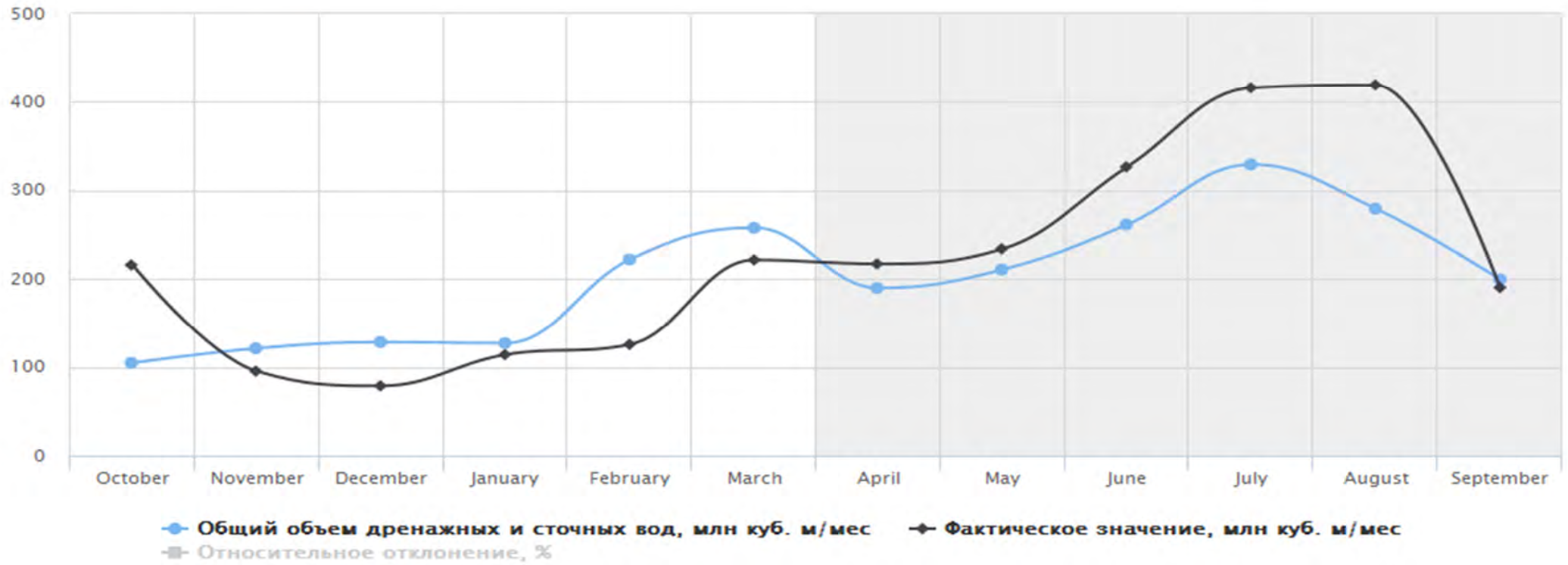
Коэффициент корреляции		$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2}\sqrt{\sum(Y-\bar{Y})^2}}.$	0.70
Коэффициент детерминации		$R^2=(r_{XY})^2.$	0.49



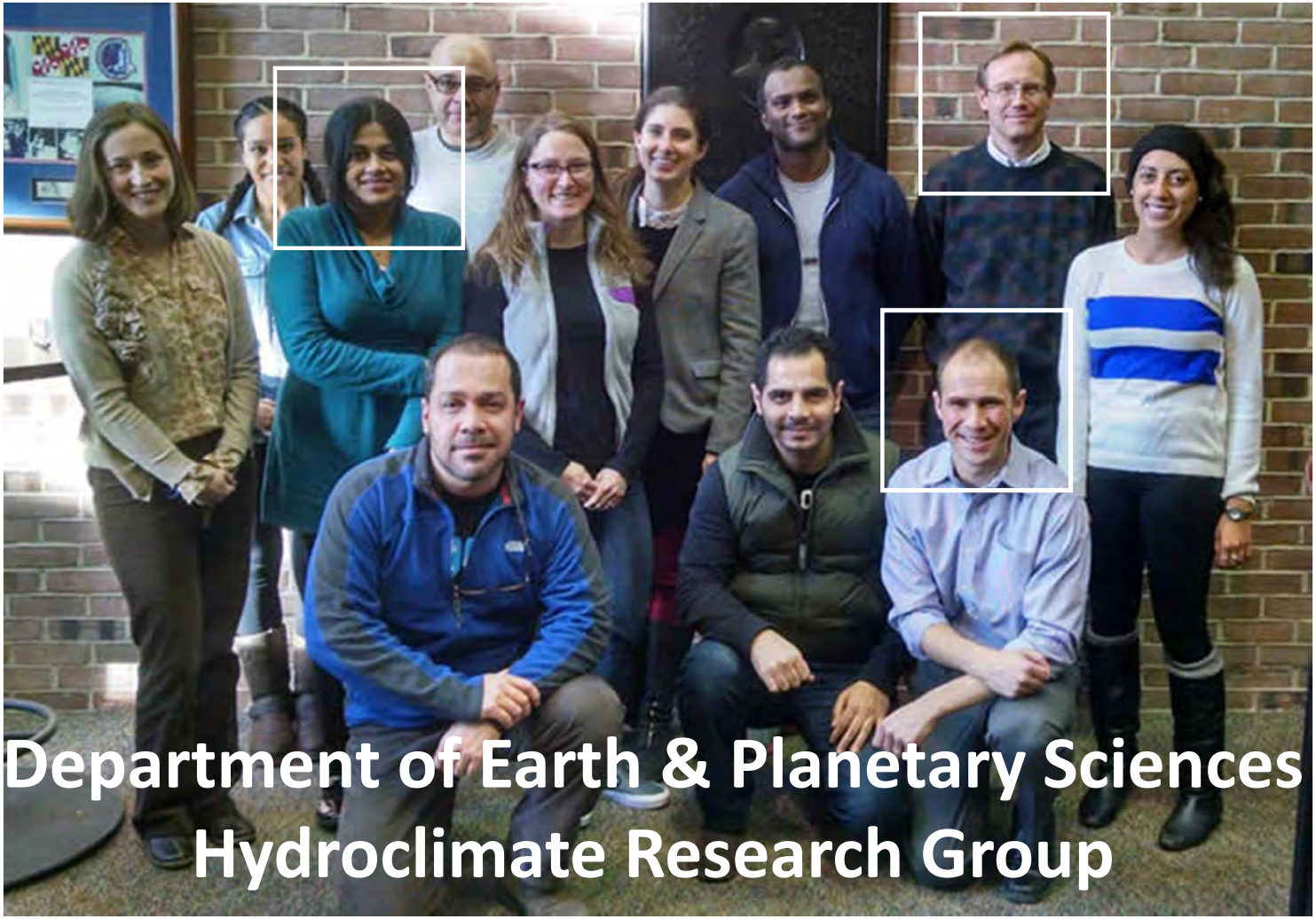
Анализ сходимости расчетных и фактических данных на примере Хорезмской зоны планирования

Общий объем дренажных и сточных вод 2014 г. после калибровки:

Коэффициент корреляции		$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2}\sqrt{\sum(Y-\bar{Y})^2}}.$	0.81
Коэффициент детерминации		$R^2=(r_{XY})^2.$	0.66



Университет Джонса Хопкинса



Презентация проекта

- Основные задачи и результаты 1 года исследований проекта (А.Сорокин)
  - Исследования Г.Солодкого, Ш.Муминова, Д.Зиганшиной
- Модель зоны планирования
  - Применение методологий семейства IDEF, внедрение полученных моделей
  - Демонстрация использования модели зоны планирования
- Ознакомление с методологиями и средствами моделирования, получение рекомендаций исследовательской группы университета

Рекомендации университета

- Использование методов дистанционного зондирования для получения входных данных, а также анализа выходных данных модели зоны планирования
- Использование нескольких климатических моделей для анализа водопотребления сельскохозяйственных культур (REMO Model + WCRP CORDEX & NASA NEX-GDDP)
- Использование системы NASA Land Data Assimilation Systems для получения отсутствующих климатических и гидрологических данных модели зоны планирования

Спасибо за внимание!

Хафазов Руслан
ruslan.khafazov@gmail.com