

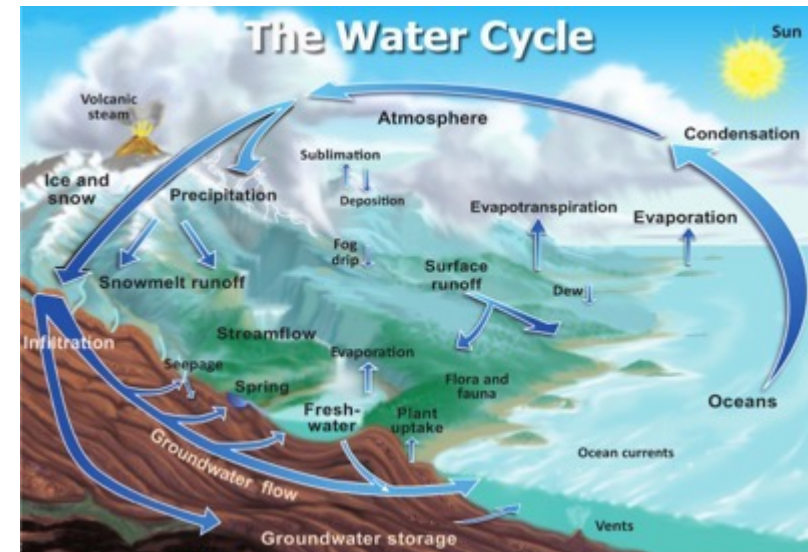
Модели и системы гидрологического прогнозирования

Михал Хазлингер

Учебное собрание IWAC, Братислава, 10 - 11 ноября. 2021 г.

Гидрологическое моделирование

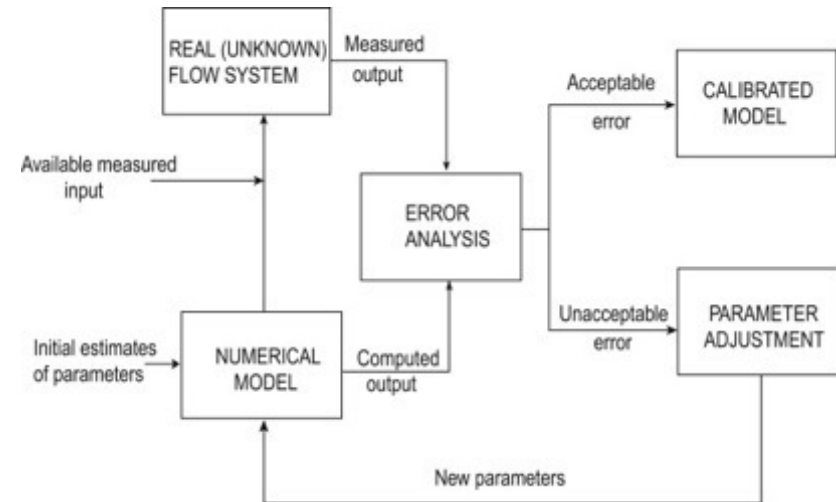
- Гидрологическое моделирование используется для ответа на вопросы, в которых первостепенное значение имеет избыток, дефицит воды или содержание растворенных или твердых веществ (Burges, 1986).
- множество правдоподобных решений, в зависимости от цели и необходимой сложности - большое количество различных гидрологических моделей
- неопределенности в процессе и подавляющее влияние неоднородностей
- плохо изученные и плохо описанные природные явления



Круговорот воды - это совокупность процессов в реальных водоразделах.

Гидрологическое моделирование

- Инструмент для моделирования природных процессов с помощью математических функций
- Подготовка модели к эксплуатации - это дальний бег:
 - Сбор данных
 - Калибровка модели
 - Валидация (верификация) модели
 - Настройка модели для повседневного использования.
 - Регулярный контроль качества в реальном времени
 - Визуализация результатов модели
- Откалиброванная модель не вечна, ее нужно обновлять

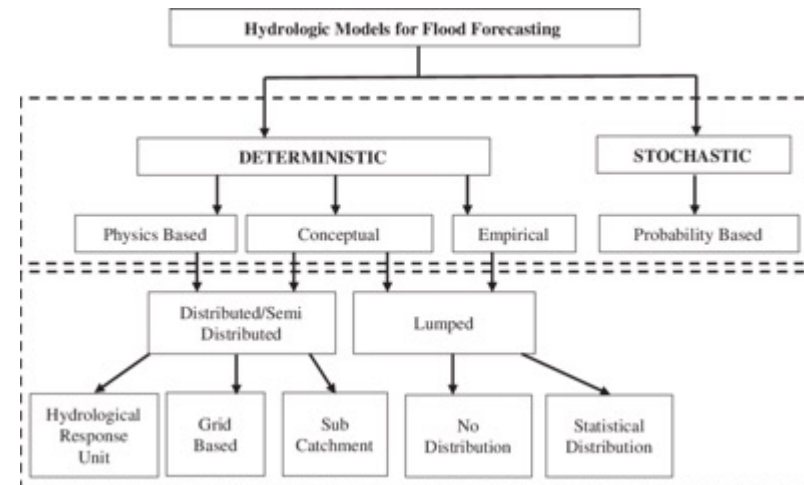


Калибровка гидрологической модели - сложный и сложный процесс. Положительные результаты не гарантированы.

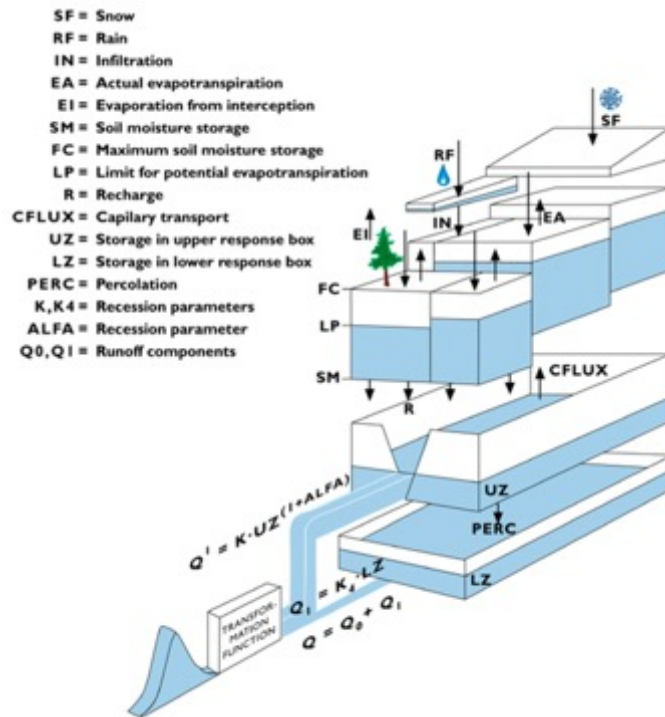
Типы гидрологической модели

- Принцип модели:
 - черный ящик,
 - серая коробка,
 - белая коробка
- Пространственная неоднородность:
 - сосредоточенные параметры
 - пространственно распределенный
- Сложность:
 - сложные модели
 - модели частей гидрологического цикла
- Цель:
 - Оперативный
 - на основе событий
 - исследовать

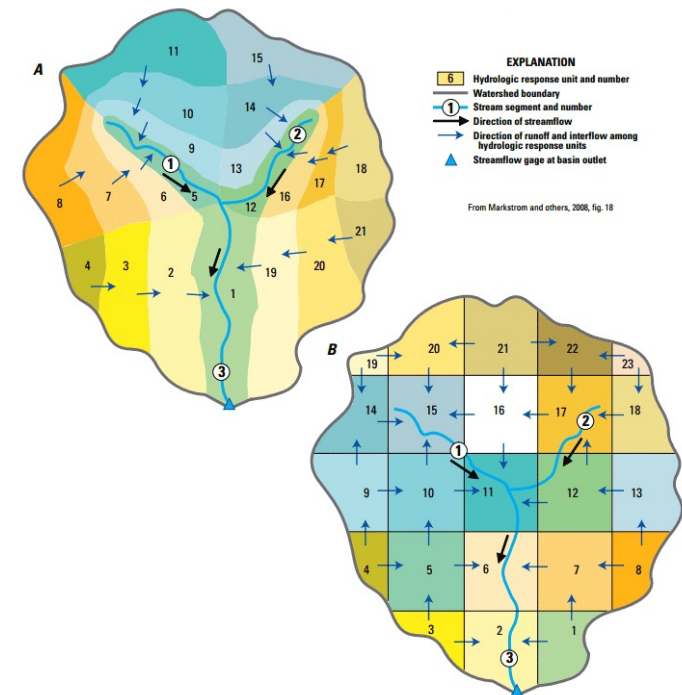
- Назначение модели:
 - Осадки – сток м.
 - HD, расход м.
 - УГВ м.
 - Модели распространения / седиментации загрязнения м.
 - М. частей гидрологического цикла



Пространственная неоднородность



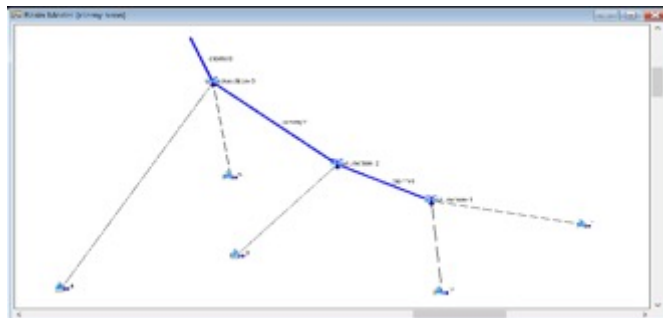
Сосредоточенные параметры



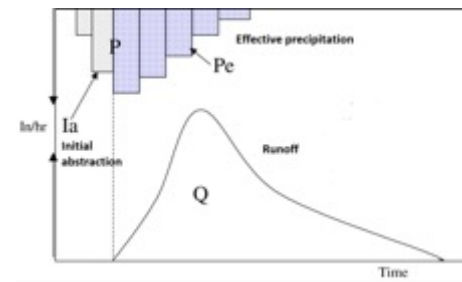
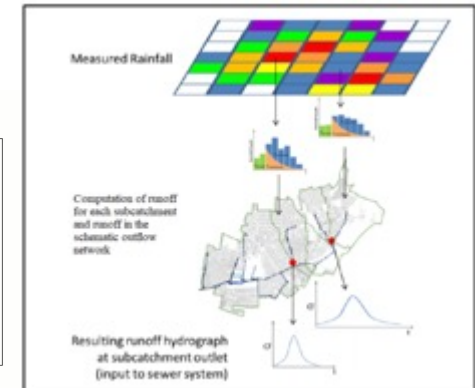
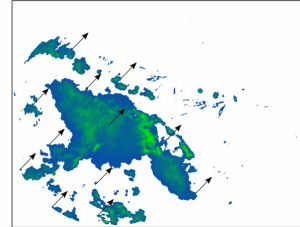
Пространственно распределенные параметры

Осадки - модель стока

- Преобразование осадков в сток
- Исходные данные: осадки, температура, почва, почвенный покров, ЦМР.
- Измеренные / прогнозируемые осадки – ЧПП
- Функция трансформации - это набор параметров свойств водосборов.
- Распределение стока в пространстве и времени

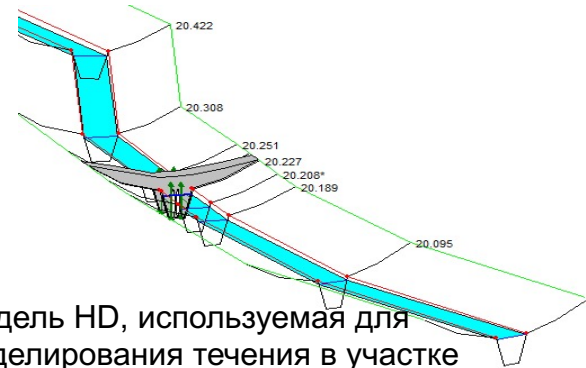


The 1st image with time: t

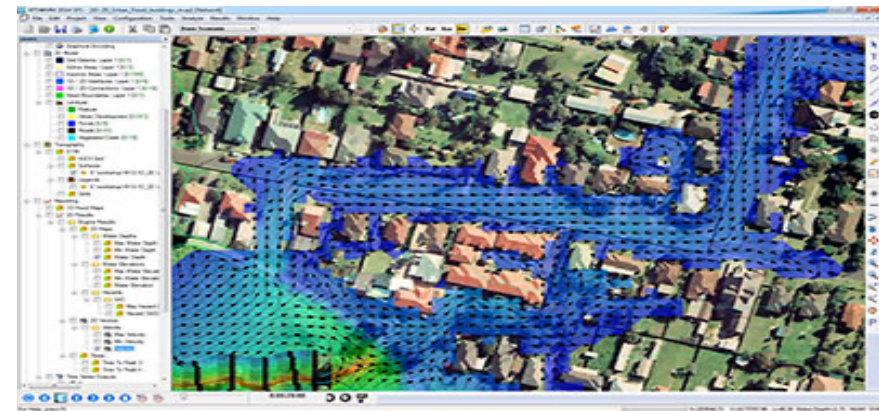


Гидродинамическое моделирование и моделирование течений

- Преобразование (затухание) волны оттока в русле реки (при затоплении)
- Входными данными является значение притока в начале моделируемого участка.
- Выходные данные - это значение оттока в разделе оттока / карте затопляемой территории.
- 1D модель - уровень воды в канале во времени
- 2D-модель расчета пространственных отношений (используется для картирования рисков наводнений)
- Трехмерный пространственный аспект (используется для моделирования наводнения в реальном времени / моделирования событий)



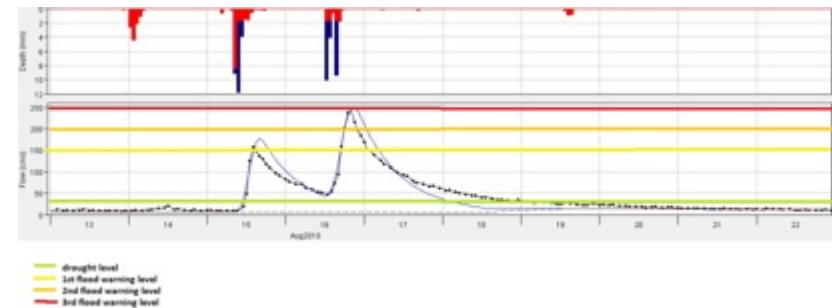
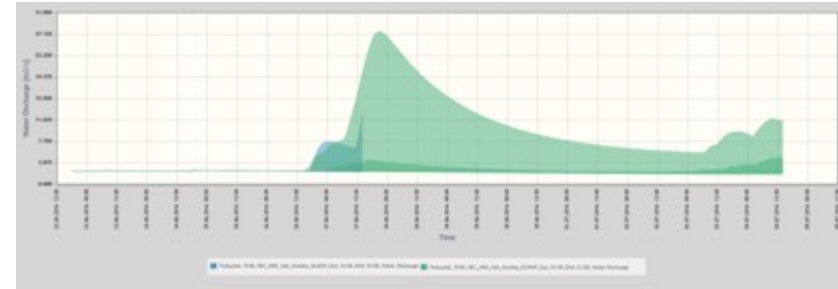
Модель HD, используемая для моделирования течения в участке канала с перемычкой (HEC-RAS).



Моделирование потока на городских улицах (HEC-RAS + GIS)

Использование гидрологических моделей

- Услуги по прогнозированию и предупреждению - повседневная работа
- Ежедневная эксплуатация плотин / других гидрологических сооружений (мониторинг, прогноз, предупреждение)
- Цели планирования
- Картирование опасностей и рисков наводнений
- Хинд - кастинг и повторное моделирование - на основе событий
- Цели исследований и разработок



COMPLEX HYDROLOGICAL MONITORING & FORECASTING SYSTEM

HYDROLOGICAL MODELING

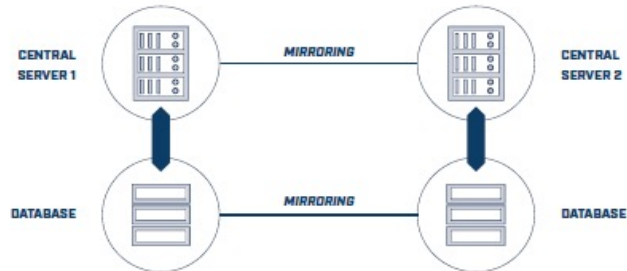


EXTERNAL INPUTS



CENTRAL SYSTEM

UOCS/HYDROLOGICAL DATABASE



MONITORING, FORECASTING, WARNING CENTER



FORECASTS AND WARNINGS



AUTOMATIC MONITORING STATION

SATELLITE, GSM/GPRS
OR RADIO MODEM

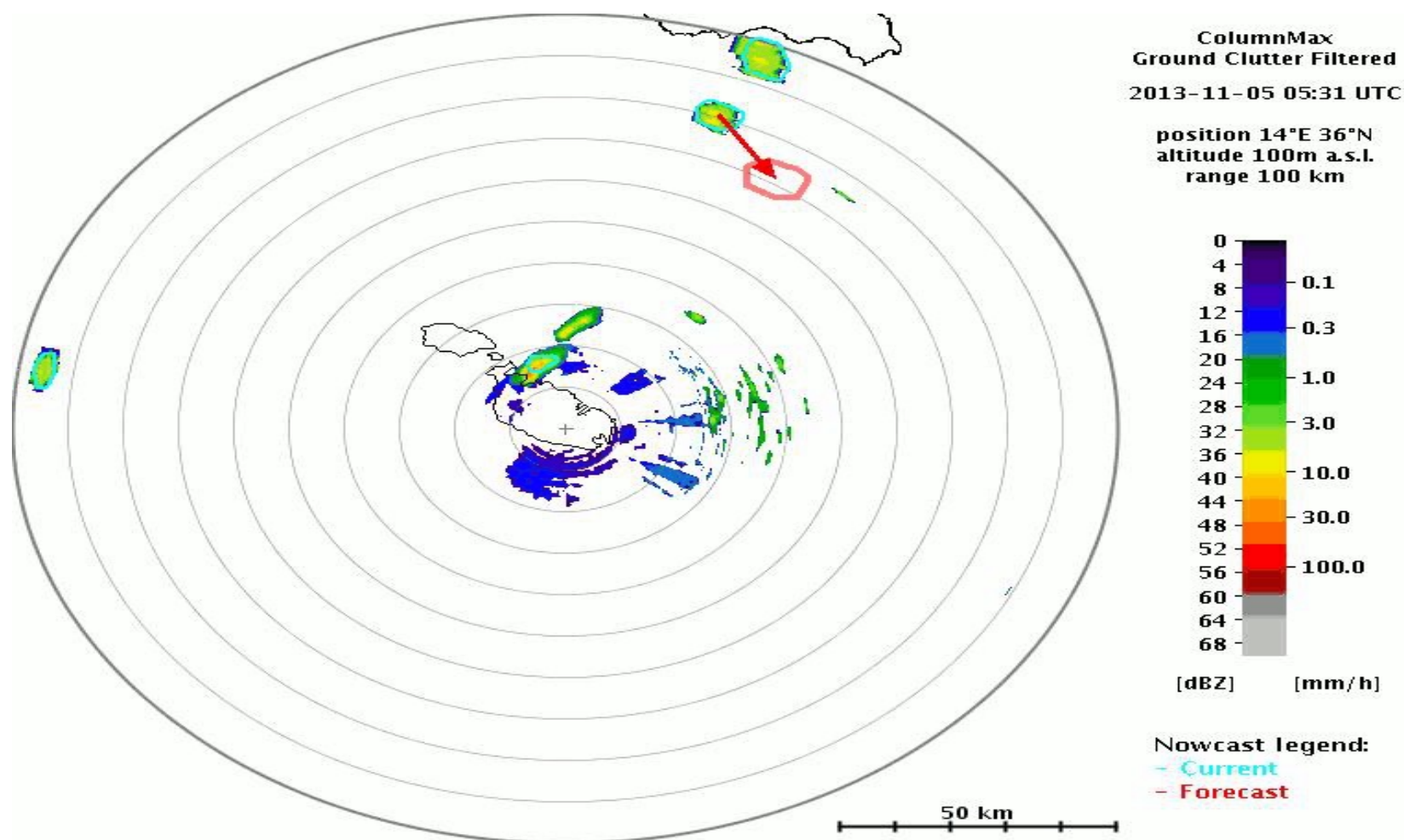
MOBILE ADCP

AUTOMATIC GROUND WATER LEVEL STATION

Исходные данные для гидромodelей

- Данные для калибровки модели и для оперативного использования
- Данные калибровки:
- Входные метео данные (температура, осадки)
- Гидрологические данные
- Параметры земли - полосы высот-Способность к инфильтрации и удержанию (почва, ПХВ, почвенный покров)
- Параметры канала - длина, ширина, шероховатость.
- Параметры резервуара и объекта хранения
- Другое (раковины, источники воды)
- Данные по эксплуатации
- Осадки вкл. метеорологический радар на базе снежной станции
- Температура - на основе станции - дополнительные методы и методы интерполяции
- Спутниковые данные
- ЧПП + короткие методы прогнозирования (прогнозирование текущей погоды)
- Гидрологические данные - уровень воды в критических точках, данные о расходе
- Другое (данные о работе плотины, нерегулярные попуски воды)

Прогноз погоды на основе радара



Модель численного прогноза погоды

Цель:

Моделирование основных метео параметров

Вход в другие подсистемы

Конфигурация системы:

Доступ к данным глобальной модели (через Интернет и т. Д.)

Модель с ограниченной площадью ЧПП
(существующая или поставляемая MicroStep-MIS)

Выход AWDSS:

Метеограммы

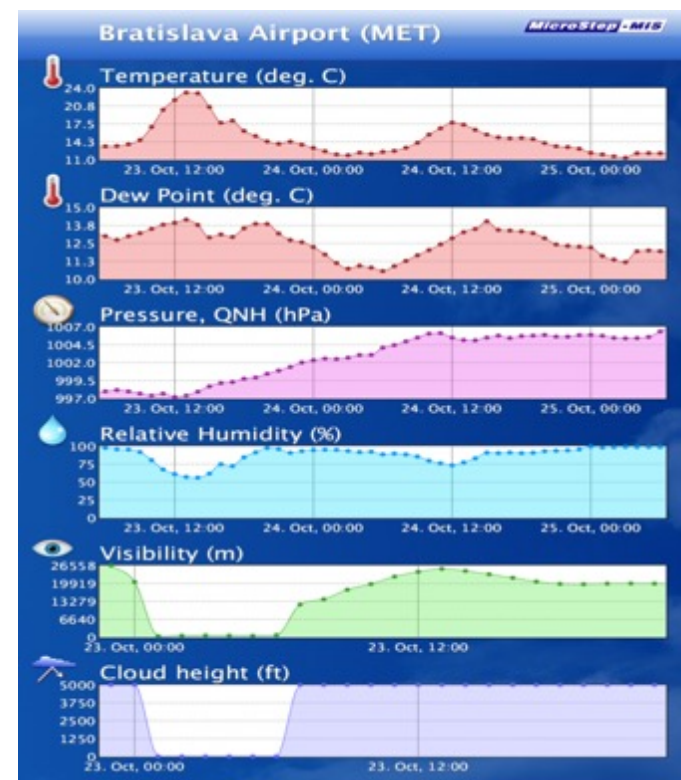
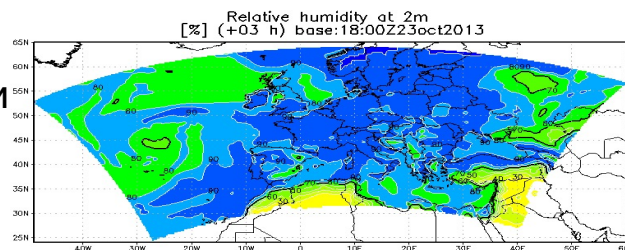
Прогноз погоды

Вертикальные профили

Карты погоды

Индекс турбулентности

Индекс обледенения



Центральная система

Интеграция всех гидрологических и метеорологических данных

Центральная компьютерная стойка IMS

- Одиночная или двойная система горячего аварийного переключения
- Мощные серверы (HP, IBM, Fujitsu Siemens)
- Главный коммуникационный узел (модемы, радиомодемы, коммутатор LAN)
- Ввод, обработка, проверка данных
- Настраиваемые интерфейсы для сторонних систем
- Измерение, отчет, база данных событий
- Модели и предупреждение
- Утилиты обслуживания
- Сервер для тонких или толстых клиентов Linux или Windows XP / 2003 / Windows 7,8,10

Рекомендуется установка в стойку, но небольшие системы могут работать на стандартном ПК.

Рабочие станции IMS

- Доступ к гидрологическим данным в реальном времени
- Тонкие или толстые клиенты
- Linux (SuSE, RedHat, CentOS) или Windows XP / 2003 / Windows 7/8/10



IMS4 - Прикладное программное обеспечение

Интегрированная метеорологическая система 4-го поколения

Разрабатывается с 1993 года.

Предназначен для работы в режиме 24 x 7 без присмотра.

Более 200 инсталляций в различных странах Европы, Ближнего Востока, Азии, Африки.

Соответствует применимым нормам и рекомендациям (ВМО, ЕС, OGC, ISO, OASIS), открыт для корректировки для совместимости с национальной практикой.

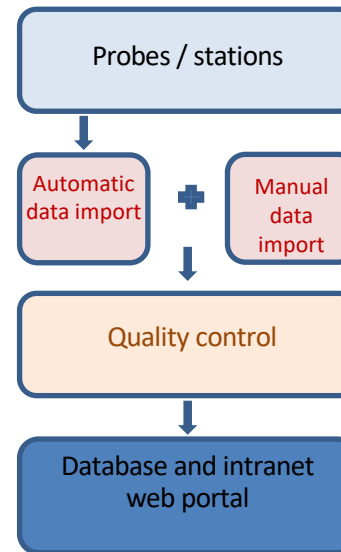
Комплексное многофункциональное программное обеспечение:

- Гидрологические системы
- Морская метеорология
- Синоптический и климатологический мониторинг
- Авиационные системы
- Контроль гамма-излучения

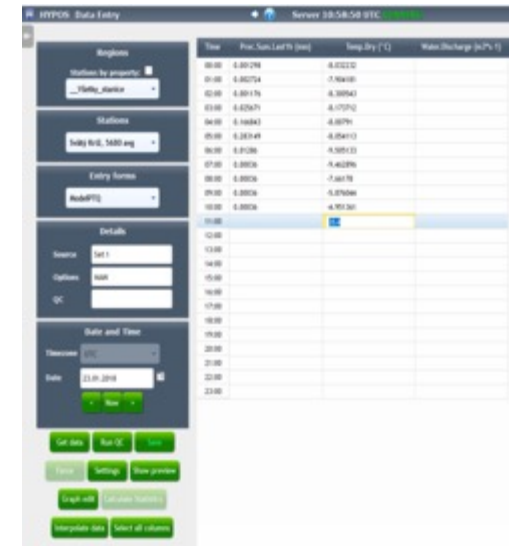


База данных

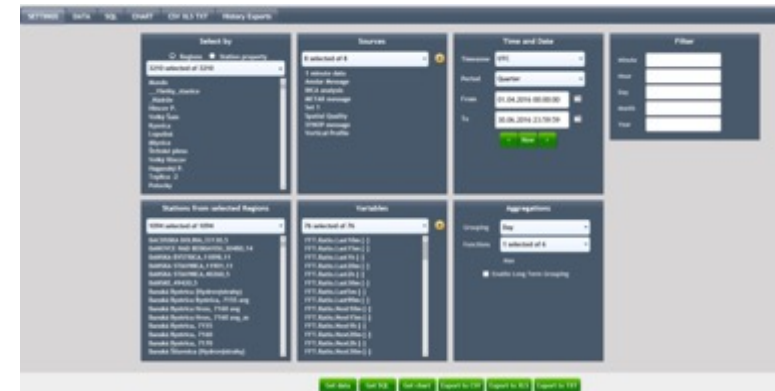
- Сердце системы
- Данные из разных источников в разных форматах - от метеорологических и гидростанций, буев, систем моделирования
- Таблицы данных в различных форматах (.csv, .txt, Microsoft Excel)
- Диаграммы данных в различных форматах (Microsoft Excel, .jpg, .png)
- Excel, отчеты в формате PDFDQC (Контроль качества данных)
- Возможность ручного управления и изменения данных в БД.
- Автоматическая маркировка значений, измененных вручную
- Инструменты выделения и группировки
- Отчеты, статистика
- Импорт данных из внешних источников - другие БД



Data flow scheme



Manual data entry



Data selection and aggregation

Система гидрологического моделирования

- **Сложность** - сочетание RR, HD, моделей потока и моделей управления резервуаром
- **Автоматизация** - все входы и выходы автоматически обрабатываются системой, без участия человека для обработки процесса.
- **Актуальность** - все данные доступны в реальном времени
- **Корректность** - автоматический контроль качества на входе и выходе
- **Визуализация** - обзор входов и выходов доступен в виде вкладок, графиков и карт.



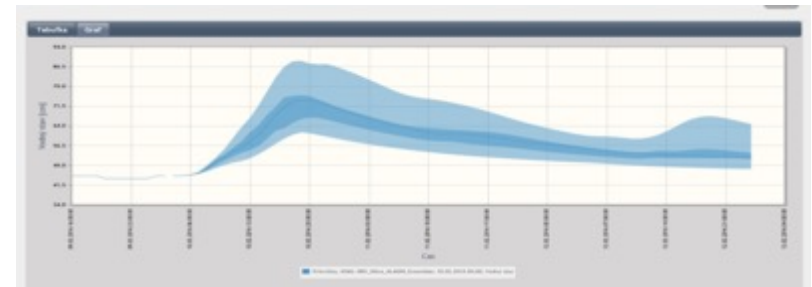
Система гидрологических моделей - модель потока RR + в схеме водосборной сети (HEC-HMS)

Model Name	Model Type	Model Status	Model Date
Model 1	Model 1	Model 1	Model 1
Model 2	Model 2	Model 2	Model 2
Model 3	Model 3	Model 3	Model 3
Model 4	Model 4	Model 4	Model 4
Model 5	Model 5	Model 5	Model 5
Model 6	Model 6	Model 6	Model 6
Model 7	Model 7	Model 7	Model 7
Model 8	Model 8	Model 8	Model 8
Model 9	Model 9	Model 9	Model 9
Model 10	Model 10	Model 10	Model 10
Model 11	Model 11	Model 11	Model 11
Model 12	Model 12	Model 12	Model 12
Model 13	Model 13	Model 13	Model 13
Model 14	Model 14	Model 14	Model 14
Model 15	Model 15	Model 15	Model 15
Model 16	Model 16	Model 16	Model 16
Model 17	Model 17	Model 17	Model 17
Model 18	Model 18	Model 18	Model 18
Model 19	Model 19	Model 19	Model 19
Model 20	Model 20	Model 20	Model 20
Model 21	Model 21	Model 21	Model 21
Model 22	Model 22	Model 22	Model 22
Model 23	Model 23	Model 23	Model 23
Model 24	Model 24	Model 24	Model 24
Model 25	Model 25	Model 25	Model 25
Model 26	Model 26	Model 26	Model 26
Model 27	Model 27	Model 27	Model 27
Model 28	Model 28	Model 28	Model 28
Model 29	Model 29	Model 29	Model 29
Model 30	Model 30	Model 30	Model 30
Model 31	Model 31	Model 31	Model 31
Model 32	Model 32	Model 32	Model 32
Model 33	Model 33	Model 33	Model 33
Model 34	Model 34	Model 34	Model 34
Model 35	Model 35	Model 35	Model 35
Model 36	Model 36	Model 36	Model 36
Model 37	Model 37	Model 37	Model 37
Model 38	Model 38	Model 38	Model 38
Model 39	Model 39	Model 39	Model 39
Model 40	Model 40	Model 40	Model 40
Model 41	Model 41	Model 41	Model 41
Model 42	Model 42	Model 42	Model 42
Model 43	Model 43	Model 43	Model 43
Model 44	Model 44	Model 44	Model 44
Model 45	Model 45	Model 45	Model 45
Model 46	Model 46	Model 46	Model 46
Model 47	Model 47	Model 47	Model 47
Model 48	Model 48	Model 48	Model 48
Model 49	Model 49	Model 49	Model 49
Model 50	Model 50	Model 50	Model 50
Model 51	Model 51	Model 51	Model 51
Model 52	Model 52	Model 52	Model 52
Model 53	Model 53	Model 53	Model 53
Model 54	Model 54	Model 54	Model 54
Model 55	Model 55	Model 55	Model 55
Model 56	Model 56	Model 56	Model 56
Model 57	Model 57	Model 57	Model 57
Model 58	Model 58	Model 58	Model 58
Model 59	Model 59	Model 59	Model 59
Model 60	Model 60	Model 60	Model 60
Model 61	Model 61	Model 61	Model 61
Model 62	Model 62	Model 62	Model 62
Model 63	Model 63	Model 63	Model 63
Model 64	Model 64	Model 64	Model 64
Model 65	Model 65	Model 65	Model 65
Model 66	Model 66	Model 66	Model 66
Model 67	Model 67	Model 67	Model 67
Model 68	Model 68	Model 68	Model 68
Model 69	Model 69	Model 69	Model 69
Model 70	Model 70	Model 70	Model 70
Model 71	Model 71	Model 71	Model 71
Model 72	Model 72	Model 72	Model 72
Model 73	Model 73	Model 73	Model 73
Model 74	Model 74	Model 74	Model 74
Model 75	Model 75	Model 75	Model 75
Model 76	Model 76	Model 76	Model 76
Model 77	Model 77	Model 77	Model 77
Model 78	Model 78	Model 78	Model 78
Model 79	Model 79	Model 79	Model 79
Model 80	Model 80	Model 80	Model 80
Model 81	Model 81	Model 81	Model 81
Model 82	Model 82	Model 82	Model 82
Model 83	Model 83	Model 83	Model 83
Model 84	Model 84	Model 84	Model 84
Model 85	Model 85	Model 85	Model 85
Model 86	Model 86	Model 86	Model 86
Model 87	Model 87	Model 87	Model 87
Model 88	Model 88	Model 88	Model 88
Model 89	Model 89	Model 89	Model 89
Model 90	Model 90	Model 90	Model 90
Model 91	Model 91	Model 91	Model 91
Model 92	Model 92	Model 92	Model 92
Model 93	Model 93	Model 93	Model 93
Model 94	Model 94	Model 94	Model 94
Model 95	Model 95	Model 95	Model 95
Model 96	Model 96	Model 96	Model 96
Model 97	Model 97	Model 97	Model 97
Model 98	Model 98	Model 98	Model 98
Model 99	Model 99	Model 99	Model 99
Model 100	Model 100	Model 100	Model 100

Инвентаризация моделей: оператор имеет обзор фактического состояния моделей

Визуализация данных

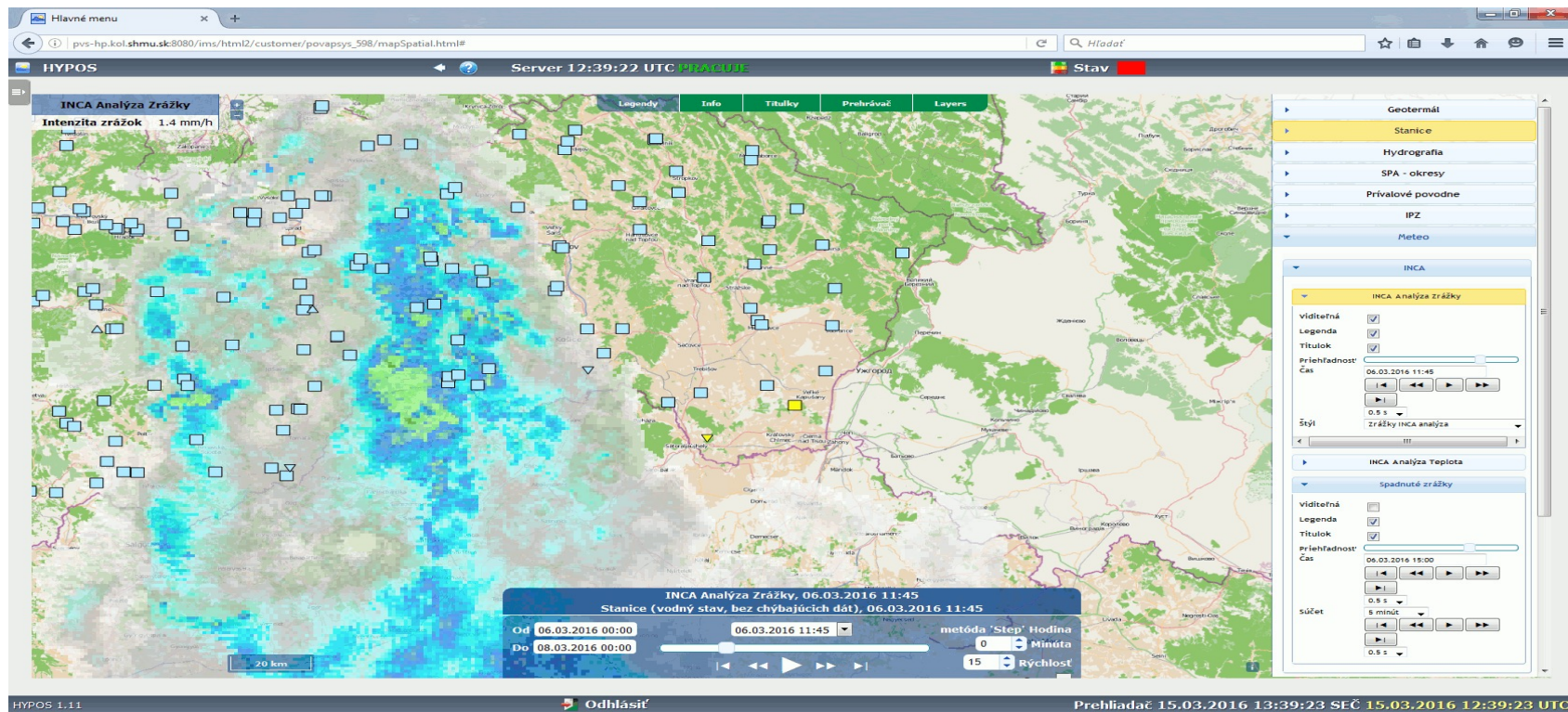
- В виде вкладок, графиков и карт
- **Картографический сервер**
 - Веб-службы OGC
 - Уровень данных станции
 - Слой прогноза
 - Слой метеоданных - данные с координатной привязкой (модели, радары, спутниковые изображения)
 - Топографические данные
 - Данные о свойствах почвы
 - Географические данные
 - Режим «Кино»



The screenshot shows a software interface with a table of meteorological data. The table has columns for 'Datum', 'T [mm]', and 'T [°C]'. The data is organized into a grid with alternating grey and white rows. The table is titled 'van' and 'Hmotnost, teplota, vlhkost (647)'. The data shows a significant increase in temperature and humidity starting around 15.08.2015 18:00, peaking at 16.08.2015 00:00, and then declining.

Datum	T [mm]	T [°C]
15.08.2015 00:00	0.0	15.8
15.08.2015 03:00	0.0	14.6
15.08.2015 06:00	0.0	14.6
15.08.2015 09:00	0.0	14.5
15.08.2015 12:00	0.0	14.4
15.08.2015 15:00	0.0	14.4
15.08.2015 18:00	0.0	15.2
15.08.2015 21:00	0.0	15.6
15.08.2015 00:00	0.0	15.6
15.08.2015 03:00	0.0	16.7
15.08.2015 06:00	0.0	17.2
15.08.2015 09:00	0.0	17.8
15.08.2015 12:00	0.0	18.8
15.08.2015 15:00	0.0	19.8
15.08.2015 18:00	0.0	21.6
15.08.2015 21:00	0.1	21.9
16.08.2015 00:00	0.0	24.4
16.08.2015 03:00	0.0	25.4
16.08.2015 06:00	0.1	25.9

Сервер карт HYPOS - Анимации



Использование выходов модельной системы

- Гидрологические прогнозы для населения - институты гидрометеорологии, ответственные организации
- Прогнозы по гидроэнергетике для партнерских организаций
- Коммерческие прогнозы (страховой комп.)
- Гидрологические предупреждения (для общественности, партнеров, коммерческих)
- DSS (Decision Support system) - управление эксплуатацией водохранилища
- Обмен информацией через:
 - внутренние ссылки (ftp),
 - публичные ссылки (Интернет),
 - стандартные СМИ (телевидение, радио, газета)
 - Мобильные приложения



Станция	Тип	Час измерения	Водный сток	19.2.2016 12:00 (+17%)	19.2.2016 18:00 (+40%)	20.2.2016 06:00 (+100%)	20.2.2016 12:00 (+100%)	20.2.2016 18:00 (+100%)	21.2.2016 06:00 (+100%)
☐ Хохла	лпел	19.2.2016 06:45	174	203	236	255	256	246	---
☐ Календа	лпел	19.2.2016 06:45	257	249	275	295	291	286	---
☐ Дода Штехова	Тасовик	19.2.2016 06:45	141	162	209	215	263	181	---
☐ Зетовце	КРВ	19.2.2016 06:45	50	155	175	166	135	106	---
☒ Slovenská Demčica	лпел	19.2.2016 06:45	487	498	504	508	513	512	---
☐ Pálfirova	Krupenka	19.2.2016 06:45	212	213	228	232	224	214	---
☐ Horní Semerovce	Štavenica	19.2.2016 06:45	204	231	257	255	227	193	---
☐ Salka	лпел	19.2.2016 06:45	375	386	396	411	422	426	---
☐ Rožňava	Slaná	19.2.2016 07:00	115	114	117	115	109	103	---
☐ Pálfirova	Štavenica	19.2.2016 06:45	1	306	309	309	306	301	---
☐ Brekva	Slaná	19.2.2016 06:45	144	155	163	164	160	155	---
☐ Brekva	Muráň	19.2.2016 06:45	101	184	225	264	277	268	---
☐ Behynice	Turec	19.2.2016 06:45	173	191	215	232	236	228	---
☐ Lemartovce	Slaná	19.2.2016 06:45	257	302	320	342	345	327	---
☐ Hrnčíka - Lúker	Rimava	19.2.2016 06:45	136	146	156	161	156	151	---
☐ Rimavská Sobota - Sobótka	Rimava	19.2.2016 06:45	174	161	179	192	195	194	---
☐ Výchla	Rimava	19.2.2016 06:45	194	204	229	253	269	271	---



Спасибо!

Майкростэп

Čavojského 1, 841 04 Bratislava, Slovak Republic

Tel: +421 2 602 00 100, Fax: +421 2 602 00 180

info@microstep-mis.com