



Visualisation of hydrological forecast for smartphone devices Android and iOS

Blagovest Pizhev*

*National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH),
139 Blvd. Ruski, 4000 Plovdiv, Bulgaria*

Abstract: The article traces the stages of design, programming and commissioning of a mobile software application with a visual interface for hydrological forecasting for smartphones such as Android and iOS. The mobile app visualizes on a map and in tabular form the current hydrological forecast for the Arda river valley for the next 5 days. The forecast is produced by the “ARDAFORECAST” system developed at NIMH. This system uses the warning levels with color coding corresponding to predetermined alarm thresholds. On the screen of the smartphone, the points in the river network for which a forecast is issued are displayed on a map, as the color of the marker indicating the point corresponds to the warning level according to the maximum forecasted water quantity at the point in the next 5 days. The software was developed in the Visual Studio environment in the C# language based on .Net, using the Xamarin free access platform. Ultimately, the mobile app will be available for download from the Google Play Store app store. The development and commissioning of such an application in Bulgaria will allow reacting faster in dangerous situations related to high waters and floods and will help to take the right preventive measures with greater efficiency.

Keywords: Hydrological forecasting mobile application.

Визуализация на хидрологична прогноза за смартфон устройства Android и iOS

Благовест Пижев

*Национален Институт по Метеорология и Хидрология (НИМХ),
бул. Руски 139, 4000 Пловдив*

* blagovest.pizhev@meteo.bg

Резюме: Статията проследява етапите на проектиране, програмиране и въвеждане в експлоатация на софтуерно приложение с визуален интерфейс за хидрологична прогноза за смартфон устройства от тип Android и iOS. Софтуерът визуализира на карта и в табличен вид текущата хидрологична прогноза за поречието на р. Арда през следващите 5 дни. Прогнозата се създава от системата „ARDAFORECAST” развивана от НИМХ и използва степените на предупреждение с цветно кодиране, отговарящи на предварително определени алармени прагове. На екрана на смартфона се показват върху карта пунктовете в речната мрежа, за които се издава прогноза. Цветът на маркера, обозначаващ пункта, съответства на степента на предупреждение, отговаряща на максималното прогнозирано водно количество в пункта през следващите 5 дни. Мобилното приложение е разработено в среда Visual Studio на езика C#, базиран на .Net. За целта е използвана платформата със свободен достъп Xamarin. В окончателен вариант мобилното приложение ще бъде достъпно за сваляне от хранилището за приложения Google Play Store. Разработването и въвеждането в експлоатация на такова приложение в България, ще позволи да се реагира по-бързо в опасни ситуации, свързани с високи води и наводнения. Приложението ще спомогне за взимането на правилните превантивни мерки с по-голяма оперативност.

Ключови думи: Приложение за хидрологична прогноза за мобилни устройства.

1. УВОД

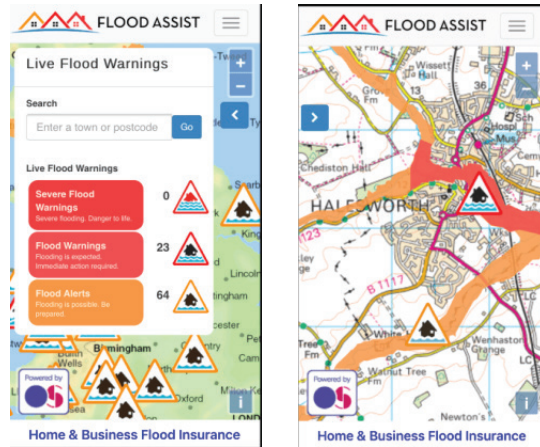
Създаването на пилотно мобилно приложение за хидрологична прогноза в България е предпоставка за последващи разработки на подобни услуги в помощ на потребители от всички категории: държавни органи, общини, индивидуални ползватели. Необходимите характеристики на софтуерния продукт са: във вид на мобилно приложение - визуализация на изчислена прогноза за степента на опасност от високи води в определено поречие с предварително избрани пунктове - населени места в басейна. Целта е при отваряне на приложението, потребителите да получават съобщение на дисплея на мобилните устройства за максималната степен на предупреждение в басейна. Също така да се визуализират на карта точки на речните пунктове по начин съответстващ на прогнозираните водни количества.

1.1. Анализ на съществуващи приложения с подобна насоченост

Чрез мобилно приложение “Page Alarm” на фирма „SOBOS“ се предоставя услуга за проследяване на водните нива за около 30000 измервателни станции. За България можем да получим данни за 5 пункта от р. Дунав. Базата данни на приложението непрекъснато се зарежда с текущи, минали и прогнозни данни от над 40 източника на информация. Съществува и платен вариант „Flood Alert Pro”, предоставящ допълнително прогнози за водните нива.

В приложението за смартфон „Flood Assist app“ на фирма “Flood assist Insurance” се използват данни в реално време от Агенцията по околна среда на Великобритания. С него могат да се следят текущите нива на реките за всяка една от над 3500 станции за речен отток във Великобритания. (DEFRA, 2011). Интернет

сайтът дава прогнозна информация за 5 дни напред, като се ползват 4 степени на предупреждение (фигура 1) със съответното цветно кодиране. Визуализират се и зоните с повишен риск от наводнение.



Фиг. 1. Визуализация на мобилна хидрологична прогноза за Великобритания.

Fig. 1. Visual presentation of mobile hydrological forecast for UK

Системата за хидрологична информация HydroNets (Moshe et al., 2020) разработена от корпорацията Google, се контролира от единен център „Water control room“, който позволява достъп и от мобилно приложение.

В национален портал за достъп до данни за подземни води на Франция от базата данни ADES влизат нивата на 4933 пиезометъра. За визуализация на данни за подземните води в мобилното приложение се използва графика. В 5 различни цвята са оцветени нивата на подземните води както следва: червен цвят – средномногогодишна линия за ниски нива; син цвят – за високи нива; жълт цвят – за средни нива; черен цвят – текущи данни за годината; сив цвят – нива на подземните води за една година назад.

Инфраструктурата на федералната агенция за извънредни ситуации (FEMA) в САЩ, която е официален публичен източник за информация за опасността от наводнения, включва системата IPAWS (Integrated Public Alert and Warning System), която съдържа разнородни пътища за достъп до потребителите. Един от тях е “Wireless Emergency Alerts”, чрез който съобщенията за предупреждения се предават до мобилните устройства без нужда от предварително инсталиране на мобилно приложение.

1.1.1. Начин на работа с подобни мобилни приложения

В мобилното приложение „Page Alarm“ на фирма “SOBOS”, при отваряне на карта, на екрана на смартфона се визуализират точките на речните пунктове.

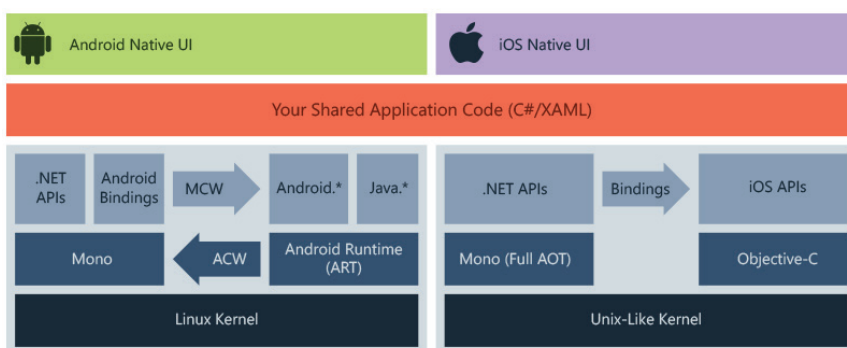
При кликване върху избраният маркер на речният пункт се визуализира последната измерена стойност. За по-подробна справка относно водните количества е нужно да се кликне върху стойността. Тогава се отваря нова страница, на която се визуализира графика с едновременни данни за 7 дни назад.

В мобилното приложение „Info Nappe“ на „Национален портал за достъп до данни“ за Франция по GPS координати, взети от мобилното устройство, се визуализира списък с най-близките пунктове. При кликване на избран от потребителя пункт се визуализира графика на подземните води с различни по цвят линии.

2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

2.1. Технология използвана за изграждане на мобилното приложение

За изграждането на визуалната част (front end) на мобилното приложение е избрана платформата със свободен достъп Xamarin, разработена от Microsoft®, която включва използване на езика C#. Тя е избрана, тъй като позволява то да се въведе в експлоатация за две различни операционни системи (ОС) за мобилни устройства (Android и iOS). Това е технология с отворен код за изграждане на модерни и производителни приложения (фигура 2) (Johnson, J., et al., 2021), базирани на основата на .NET API (Application Programming Interface). Моделът позволява на разработчиците да опишат цялата логика на приложението на един език за програмиране. Използват повторно вече съществуващ код, за да се постигне висока производителност и добър външен вид при всяка ОС.



Фиг. 2. Структура на хибридно приложение с технология Xamarin за мобилни ОС
Fig. 2. Structure of the hybrid application with Xamarin technology for mobile OS

За правилното функциониране на мобилното приложение за визуализация на хидрологичната прогноза е нужно да бъде изградена сървърна част (back end). Тя се грижи за комуникацията между базата данни и приложението. Чрез нея потребителят изпраща заявка от мобилното приложение към сървъра, който от своя страна се обръща към базата данни, която ще приеме и обработи заявката. Базата данни връща желаните данни обратно към сървъра, който след допълнителната им обработка ги представя на приложението в подходящ формат (JSON). Мобилното приложение приема данните изпратени от сървъра, допълнително ги обработва (преформатиране на час/дата и др.) и визуализира данните на екрана (фигура 3).



Фиг. 3. Взаимодействие между мобилното приложение, Node.js API и база данни.

Fig. 3. Interactions between the mobile application, Node.js server and the database

За проектирането на сървърната част на проекта се използва среда на изпълнение Node.js, в рамките на която се изпълнява JavaScript код. С този код се администрират заявките между приложението и базата данни (БД) на системата ARDAFORECAST (Artinyan et al, 2016). Node.js съдържа библиотеки, които позволяват приложението да работи като сървър, без да се ползва специализиран сървърен софтуер.

2.2. Структура на РБД на системата за хидрологична прогноза

Релационната БД (РБД) за хидрологична прогноза е разработена в рамките на проекта ARDAFORECAST. Съдържа цялата информация, необходима за функционирането на системата за хидрологична прогноза (фигура 4). В това число влизат:

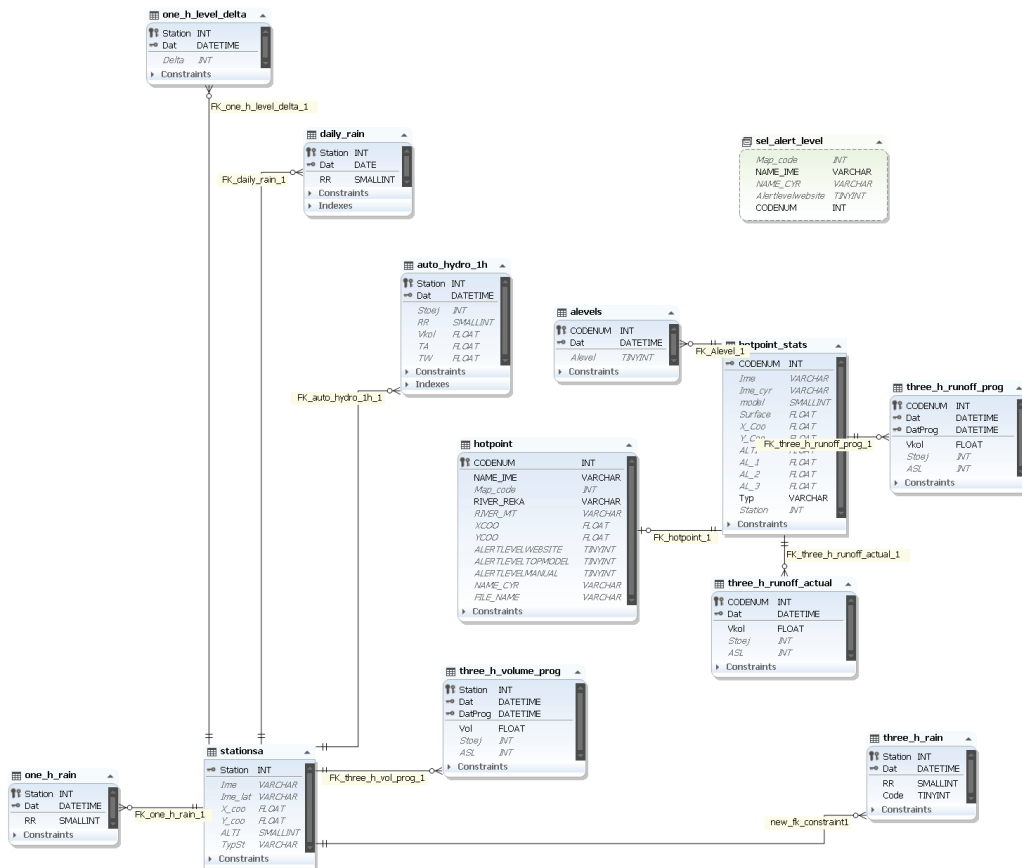
- Статични таблици с метаданни за пунктовете, за които се издава прогноза: координати, име на населено място, име на река, статистически определени водни количества съответстващи на праговете на предупреждение.

- Динамични таблици със сериите от данни произвеждани от прогностичния модел. Те съдържат информация за прогнозираните водни количества за всеки от 17те пункта в системата със стъпка във времето 3 часа.
- Динамични таблици, съдържащи степента на предупреждение за всеки пункт - на всеки 3 часа, 5 дни напред. Те се запълват съобразно резултата от сравнението между статичните таблици с алармените нива и изчислените от хидрологичната прогноза водни количества.
- Динамични таблици с графично представяне на пространствени входни данни за прогностичния хидроложки модел, както и на резултатите от моделирането. Това са интерполирани полета на измерените валеж, температура на въздуха, влажност на въздуха. Също са и получените пространствени полета на влажността на почвата, повърхностен и вътрешочвен отток, евапотранспирация.
- Процедури и функции на езика MySQL. Те имат за цел, във фонов режим или при поискване от потребител на интернет сайта на системата ARDAFORECAST, да изчисляват вторични данни: динамични степени на предупреждение, прогнозни водни нива, съответстващи на изчислени прогнозни водни количества за всеки пункт.

2.3. Разработка на мобилното приложение

Приложението се състои от 4 слоя (фигура 5), всеки от които съдържа специфични компоненти:

- **Presentation layer** – слой, отговорен за представителната логика; обработване на клиентските заявки за достъп до приложението; визуализиране на резултатите.
- **Business layer** – извършва се фактическата обработка на данните, вкл. зареждане на източник от данни и обработване в подходящ вид.



Фиг. 4. Част от схемата на РБД на системата ARDAFORECAST
 Fig. 4. Part of the scheme of the RDB of ARDAFORECAST system

- **API access layer** – съдържа компоненти за извличане на данни от база данни и предаването им към горния слой
- **Data layer** – слой за данните, вкл. реляционна база данни (РБД).



Фиг. 5. Архитектура на хидрологична прогноза за мобилно приложение
 Fig. 5. Architecture of the mobile application for hydrological forecasting

Основните софтуерни компоненти и съответните отговорности (фигура 5) са следните:

- **Database layer** – отговорен при извикване на данни и те да бъдат заредени в следващия слой – **API access layer**
- **API manager layer** – извършва обработка на данните, получени от Data layer; създава вътрешно за приложението представяне на данните.
- **Data manager layer** – отговорен за извличането на конкретни данни от **API access layer**.
- **Presentation manager layer** – отговорен за това, данните получени от **Data manager** да се преобразуват до вид, подходящ за различни графични и таблични компоненти, използвани при визуализацията

Фигура 6 схематично представя последователността на работа с приложението.



Фиг. 6. Диаграма на последователността за работа с приложението за хидрологична прогноза.

Fig. 6. Working flowchart of mobile application for hydrological forecast

Преформатирането на данните се извършва по следния начин:

Данните се извличат от база данни посредством SQL заявки и се записват в сървърната част (API Manager). Чрез Data Manager се зареждат в подходящи структури на езика C#. Presentation Manager визуализира в графичен и табличен вид на главната страница резултатите от прогнозната система ARDAFORECAST.

3. РЕЗУЛТАТИ

В главната страница на мобилното приложение за хидрологична прогноза потребителите виждат данни от услугата с графичен интерфейс. При отваряне на приложението през мобилно устройство се обръща към API сървъра. Той изпраща заявка към РБД, която я изпълнява и връща резултатите към API сървъра. В

логиката на приложението е заложена оценка на данните, които идват от сървъра. На картата, показана на екрана на смартфона, се визуализират маркери с точните координати на пунктове по реките (фигура 7), най-често съответстващи на населени места. В зависимост от прогнозираното ниво на предупреждение във всеки един пункт на река, маркерите се оцветяват в четири различни цвята.

- Зелен цвят (код 0) – прогнозното водно количество на пункта е под прага на повтораемост за максимални водни количества 50% - максимален отток отчетен веднъж на 2 години.
- Жълт цвят (код 1) – прогнозираният отток надвишава в определен момент прага на повтораемост 50%, но остава под прага 5% - веднъж на 20 години.
- Оранжев цвят (код 2) – прогнозираният отток надвишава в определен момент прага на повтораемост 5%, но остава под прага 1% - веднъж на 100 години.
- Червен цвят (код 3) – прогнозираният отток надвишава в определен момент прага за повтораемост веднъж на 100 години (отговаря на 1%).

По този начин визуализираните маркери в различен цвят ясно известяват за прогнозираното водно количество в реката за съответния пункт (населено място). Като допълнителна информация на екрана над картата се зарежда съобщение, отговарящо на състоянието на оттока в реките. Ако те са в рамките на средните или по-ниски води, известява, че всички реки са с нормални водни нива. Ако в някой от пунктовете прогнозирания максимален отток е с обезпеченост под 50%, съобщението над картата се оцветява съответно на прага на предупреждение, отговарящ на най-високото ниво на предупреждение от всички пунктове. За да се види нивото на предупреждение за конкретен пункт, е нужно потребителя да кликне върху маркера. Така ще да бъдат визуализирани в табличен вид почасови прогностични данни за 5 дни напред. Когато прогностичните стойности за избраната река имат показатели над някое от гореуказаните нива, на екрана се появява втори лист с данни, където се представят само часовете с превишените стойности (фигура 7). По този начин потребителят ще може да види само часовете със стойности над съответното ниво на предупреждение.

При стартиране на приложението компонента в слоя Presentation manager изпраща заявка за приемане на обработените данни от Data manager, който предава заявка за сурови данни към API manager. Този компонент изпраща заявка към Data layer за данни и след получаването им подава необработените данни към Data manager, който обработва данните и изпраща към компонента Presentation manager. След което компонентът визуализира данните на главната страница на приложението (фигура 7).



Фиг. 7. Екрани от мобилно приложение за Хидрологична прогноза.
 Fig.7. Example screens of the mobile application for hydrological forecast.

4. ДИСКУСИЯ

Разработването на софтуерни приложения, предназначени за широк кръг от потребители, и особено, предоставящи съществена информация, оказва съществено значение за сигурността на човешки живот и стопанска инфраструктура. Затова е от значение предварително да се решат редица правни проблеми, включващи: отговорност при публикуване на прогнози; интелектуална собственост и права над произвежданите материали в табличен и графичен вид; права за публикуване и др. Тези въпроси не са засегнати в настоящата работа поради пилотния характер на разработката.

Тъй като в нашата работа не е обсъждана функционалността на хидрологичната прогнозираща система ARDAFORECAST, тук ще уточним, че това е система в развитие, която е в процес на интегриране на нови технологии. Както в научно направление (Tsarev et al., 2021), така и в чисто технологичен план като усъвършенстване на техническата база с нови сървъри и комуникационни средства

чрез участие в проекта FLOODGUARD (Skoulikaris, 2021). Тези нововъведения не са директно свързани с работата на мобилното приложение. То ще функционира по същия начин и след въвеждането им в експлоатация.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се обобщи, че създаденото пилотно мобилно приложение дава добра представа за актуалната хидрологична прогноза в поречието на река Арда, основаваща се на системата ARDAFORECAST. Разработването и въвеждането в експлоатация на такова приложение в България ще позволи да се реагира по-бързо в опасни ситуации, свързани с високи води и наводнения. Ще спомогне да се вземат правилните превантивни мерки с по-голяма оперативност.

БЛАГОДАРНОСТИ

Разработката, предмет на статията е реализирана с помощта на национална програма на Министерство на образованието и науката „Млади учени и постдокторанти“ – модул „Млади учени“, 2021 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Artinyan, E., Vincendon, B., Kroumova, K., Nedkov, N., Tsarev, P., Balabanova S., Koshinchanov, G. (2016) Flood forecasting and alert system for Arda River basin. *Journal of Hydrology*, Volume 541, Part A, Elsevier, 2016, ISSN:0022-1694, DOI:10.1016/j.jhydrol.2016.02.059, 457-470
- Department for Environment Food & Rural Affairs (DEFRA, UK) (2011) Detailed Guidance on Developing a Multi-Agency Flood Plan, June 2011, <https://www.gov.uk/government/publications/the-national-flood-emergency-framework-for-england> достъпно на 25.11.2021.
- Johnson, J., Britch, D., Dunn, C., (2021) What is Xamarin? – Xamarin | Microsoft Docs, accessed 10 November 2021, <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/get-started/what-is-xamarin>
- Moshe, Z., Metzger, A., Kratzert, F., Morin, E., Nevo, S., Elidan, G. and Elyaniv, R. (2020) May. HydroNets: Leveraging River Network Structure and Deep Neural Networks for Hydrologic Modeling. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 4135).
- Skoulikaris, Charalampos. (2021) Transboundary cooperation through water related EU directives' implementation process. The case of shared waters between Bulgaria and Greece. *Water Resources Management*. 35. 1-17. 10.1007/s11269-021-02983-4.
- Tsarev, P., Artinyan, E., David, C. (2021) Assessment of three hydrological routing models coupled to the SURFEX land surface model (ISBA scheme): an example of Varbitsa River in Bulgaria. *Proceedings of XXIth International Multidisciplinary Scientific GeoConference: Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2021*, 14 - 22 August, 2021, ISSN 1314-2704.