

Risk Assessment of the Shatt Al-Arab Overflow in Basra *

Reserch ArticeI

Hossein Etemadfar¹ Nemah Aldirawi²
Hamed Kharaghani³

1. Introduction

Floods are one of the most common, widespread, and costly natural disasters in the world. Floods can classify into three groups: a) flash floods that usually occur within 6 hours after heavy rainfall; b) river overflow due to continuous rainfall in large catchment areas; and c) coastal floods, caused by coastal storms that are often amplified by tidal cycles. As mentioned, one of the most important types of floods occurs because of the increase in the volume of water and lack of sufficient space to transfer that, which refers to overflowing rivers. Overflowing can cause significant financial and human damage to urban environments. The occurrence of this event can have various reasons, such as climate change, sedimentation in rivers, human changes in soil and landuse, and environmental and hydrological factors.

The advent and development of spatial information technologies have made it possible to collect and store data, analyze and process, and generate output maps. An example of such a map is a valuable zoning map, which produced by analyzing the current state of a region, helps to identify and classify areas based on one or more specific criteria.

Since the phenomenon of flooding causes inevitable damage to the environment and humans, this event's risk can be used as a criterion for zoning an area. For the river overflow study, firstly, the factors affecting the severity of river floods are identified, then these factors are adapted to the environmental conditions of the study area. These criteria can be classified as hydrological (like the characteristics of the river including its width, height, and depth at different stages), meteorological (including rainfall periods and rainy seasons), natural, landuse, and others that affect the occurrence and severity of floods. Their effects have different roles and weights in different cities and regions.

This study tried to explore some of the existing criteria in a region in Iraq. There are many villages, agricultural lands, and urban facilities in the Shatt Al-Arab River Basin in Basra Province, Iraq, which are at risk of flooding. For this reason, it is necessary to spatially evaluate and analyze the areas prone to river flooding and prepare a map of floodplains in this area.

This study investigated the river overflow risk in the areas around the Shatt Al-Arab River. For this purpose, river characteristics and required data, including depth and width of the river collected in 12 cross sections of the river and landuse data of the study area were extracted

through satellite images. The innovation of this research is determining the desired criteria for estimating river flooding. After determining these criteria, the riverside zoning was done, which is the identification and presentation of five groups for areas with different degrees of risk. This is another innovation. Finally, the assessment and zoning of the Shatt Al-Arab river overflow in the city of Basra, which is a precious area in terms of agriculture, population distribution, and port, was provided as the river overflow risk map.

A quantitative and interpretive analytical method were used based on spatial data. It should be mentioned the result of the study is completely applicable and can be base for making the decision.

2. Implementation

There are seven types of landuse around the Shatt Al-Arab, including commercial, military, wharf, park, industrial, agricultural, and residential areas. According to previous studies and the damage caused by past floods, a distance of 500 meters around the river was studied to determine landuses. In order to classify the river overflow risk along the streamway, it is necessary to select the appropriate index. Due to the direct effect of the geometric dimensions of each section of the river on the capacity of the passing water volume, the width and depth of the river were selected as the two primary indexes. In addition, for a more reasonable assessment, the product of width and depth was used as the main index.

It was assumed that water flow filled the largest cross section of the river, and then the overflow situation was investigated in other sections. That is, that the largest section is in the lowest flood risk category. Based on the obtained results, the risk level of each of the landuses around Shatt Al-Arab was found. All landuses along with their area were classified into 5 quality categories: very low, low, medium, high, and very high. Figure 1 shows the zoning of the Shatt al-Arab route in terms of overflow risk assessment.

3. Results and discussion

Risk assessment indicators computations were implemented in GIS environment and risk maps and spatial analysis of landuses were prepared in statistical tables and graphs. Spatial analytical methods using GIS help managers' decision-making process and prevent river overflow risk.

The numerical results show that a large part of the region around the river has been used for agriculture, and over 70% of them are in the category of medium to very high risk. Floods damage agricultural land and make it difficult to grow crops and provide food to surrounding areas.

*Manuscript received: 30 November 2021; Revised, 29 January 2022, Accepted, 22 May 2022.

¹. Corresponding Author. Assistant Professor, Civil Engineering Department, Engineering Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: etemadfard@um.ac.ir

². MSc Student in GIS, Civil Engineering Department, Engineering Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

³. MSc Student in GIS, Civil Engineering department, Engineering faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

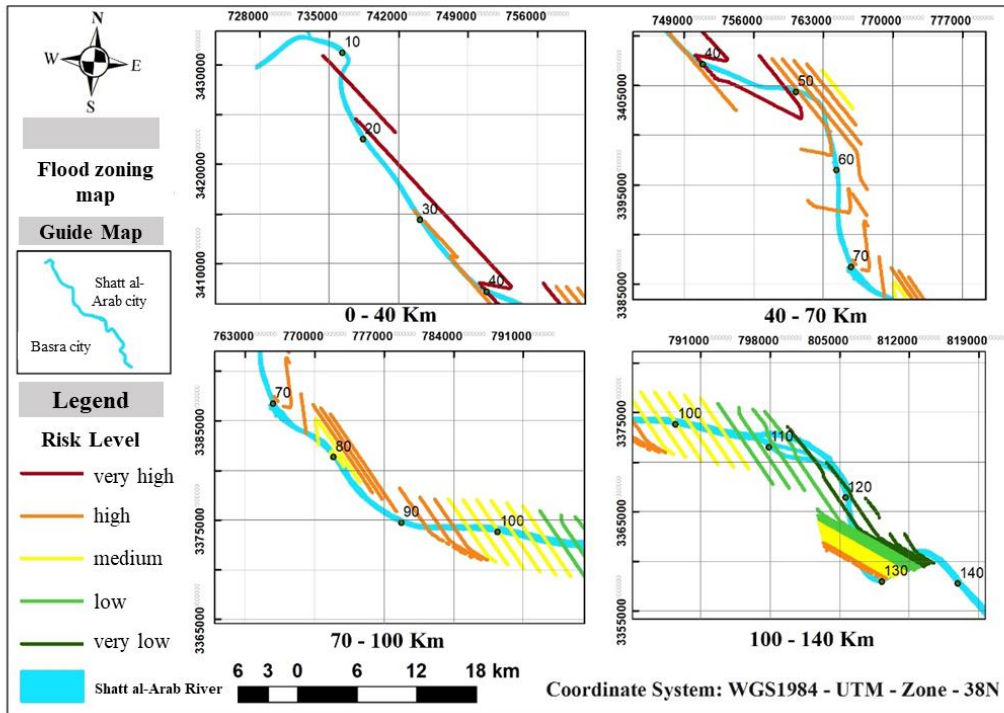


Figure 1. Zoning of the Shatt al-Arab route in terms of flood risk assessment

The residential part is about 45 square kilometers and about 38 square kilometers is between medium to very high risk. In other words, among the existing landuses, residential use has the highest level of sensitivity, so that in most cases, the damage to it is irreparable.

The share of industrial use of the space adjacent to the river is 2 square kilometers, all of which is in the medium to the high-risk range. The flooding of industrial facilities causes a lot of direct and indirect damage. Its straight effect is the failure of industrial equipment due to flooding and the indirect effect is the unemployment of people working in factories and surrounding industrial towns. Another landuse around the river with an area of about 2.8 square kilometers is the pier. Based on numerical analysis, all areas are in the category of medium to high risk.

There is a park in Shatt al-Arab; it has been at a high-risk level with an area of about 17 square kilometers. This region is adjacent to water on all sides and requires great care and continuous management before a crisis occurs. Commercial landuse covers an area of nearly 6 square kilometers and it has been in the category of medium-risk level. Although this landuse is not in the high-risk category, in the event of an overflow, the financial burden of damage can be significant.

Finally, military landuse, due to its convenient location, has very little risk at the time of the overflowing. The results of this study indicate that GIS has played a significant role, that is, as an effective tool in spatial analysis.

ارزیابی خطر طغیان شط العرب در محدوده شهرستان بصره*

مقاله پژوهشی

حسین اعتمادفرد^(۱)نعمه الديرای^(۲)حامد خرقانی^(۳)

چکیده رود شط العرب حدوداً به طول ۲۰۰ کیلومتر است و از به هم پیوستن دو رود دجله و فرات در شهر قرنه که در ۷۴ کیلومتری شمال غربی شهر بندری بصره در جنوب عراق واقع شده است، شکل می‌گیرد. این رود تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، باران‌های مکرر و مستعد خطر و ریسک طغیان رود و هم‌چنین جاری شدن سیل است. حوضه رودخانه شط العرب در محدوده شهرستان بصره شاهد وقوع سیلاب‌ها و نتایج مخرب آن بوده است. هدف از این پژوهش ارزیابی و تحلیل مکانی خطر طغیان رود شط العرب در محدوده شهرستان بصره عراق با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) می‌باشد. در این پژوهش از GIS برای برآورد و ارزیابی مکانی و پهنه‌بندی مناطق طغیان رود شط العرب در منطقه بصره با بهره از داده‌های موجود استفاده خواهد شد. با مشخص نمودن انواع کاربری‌های اطراف رودخانه، تحلیل دقیقی از نحوه توزیع آن‌ها در مناطق با خطرپذیری مختلف ارائه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که کاربری زمین‌های کشاورزی با توجه به مساحت زیادی که دارند بیش از سایر کاربری‌ها در معرض خطر طغیان قرار دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند تأثیر زیادی در پیشگیری از ایجاد صدمات جبران‌ناپذیر طغیان در این محدوده داشته باشد.

واژه‌های کلیدی تحلیل مکانی، طغیان رودخانه، سامانه اطلاعات مکانی، شط العرب، بصره..

مقدمه

جمعیت جهان و ۷۹٪ از تولید ناخالص داخلی جهانی را تشکیل می‌دهند.

یکی از مهم‌ترین انواع سیل، به دلیل افزایش حجم آب رودخانه و عدم وجود فضای کافی برای انتقال حجم آب به وقوع می‌پیوندد که از آن به عنوان طغیان یاد می‌شود. طغیان رودخانه‌ها یکی از مهم‌ترین خطرات طبیعی در جهان است که صدمات اقتصادی زیادی به همراه دارد و انتظار می‌رود این خطر در آینده افزایش پیدا کند. وقوع این اتفاق را می‌توان به عوامل مختلفی نسبت داد که تغییرات آب و هوایی، رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها، تغییرات انسانی به وجود آمده در خاک و کاربری زمین و هم‌چنین عوامل اجتماعی و اقتصادی از جمله آن است [4]. طغیان رودخانه‌ها یکی از پرهزینه‌ترین بلاای طبیعی هستند که در حوضه رودخانه‌ها، دلتاها و مناطق ساحلی مشاهده می‌شود [5]. درباره وقوع طغیان و فرایندهای منجر به ایجاد سیلاب رودها مطالعات زیادی انجام شده که خصوصیات مختلف این نوع سیلاب‌ها را بیان کرده و تغییرات احتمالی آن‌ها هنگام وقوع را بیان داشتند [6-9].

سیل یکی از متداول‌ترین، گسترده‌ترین و پرهزینه‌ترین بلاای طبیعی در جهان است. براساس گزارش سازمان ملل متحد، سیل در مقایسه با هر مخاطره دیگری بیشترین تلفات را به همراه دارد [1]. سیل را می‌توان به سه گروه طبقه‌بندی کرد: الف) سیل‌های ناگهانی که معمولاً در عرض ۶ ساعت پس از بارندگی شدید رخ می‌دهند، ب) طغیان رودخانه‌ها در دشت، ناشی از بارش‌های مداوم در مناطق بزرگ حوضه آبریز و ج) سیل‌های ساحلی، ناشی از طوفان‌های ساحلی که اغلب توسط چرخه‌های جزر و مدی تقویت می‌شوند [1]. در صورت وقوع سیل علاوه بر خسارت‌های جانی از نظر مالی نیز آسیب‌های زیادی به شهرها وارد می‌شود. به‌طور متوسط تا سال ۲۰۰۵ در ۱۳۶ شهر ساحلی بزرگ سالانه ۶ میلیارد دلار خسارت سیل در جهان گزارش شده است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ تنها از طریق تغییرات اجتماعی و اقتصادی به ۵۲ میلیارد دلار افزایش یابد [2]. در یک مطالعه [3] اخیراً نشان داده شد که افزایش ۴ درجه سانتی‌گرادی در دمای جهانی منجر به افزایش شدید خطر سیل (بیش از ۵ برابر از دوره پایه ۱۹۷۶-۲۰۰۵) در کشورهایی می‌شود که تقریباً ۷۳٪ از

* تاریخ دریافت مقاله ۱۴۰۰/۹/۲۶ و تاریخ پذیرش آن ۱۴۰۱/۳/۱ می‌باشد.

Email: etemadfad@um.ac.ir

(۱) نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

(۲) دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

(۳) دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

نقشه‌های پهنه‌بندی سیل توسط مدل HEC-RAS برای برآورد سیلاب و خطر سیل بسیار مؤثر است. کالیانوپا و همکاران [16] در کارولینای شمالی با استفاده از چهارچوب مونت کارلو برای تجزیه و تحلیل عدم قطعیت پرداختند و نتایج نشان داد در مواقعی که از سازه‌های کنترل سیلاب استفاده می‌شود تا ۸۰/۴ درصد نسبت به وضع موجود کاهش خسارت مورد انتظار سالانه (EAD) را پیش‌بینی کردند. سنت- جورجس و همکاران [17] در فرانسه به منظور رتبه‌بندی منابع عدم قطعیت در مدل‌سازی خسارت سیل با تجزیه و تحلیل منابع عدم اطمینان از طریق زنجیره مدل‌سازی به ارزیابی عدم قطعیت با استفاده از روش مونت کارلو پرداختند و نشان دادند رتبه‌بندی عدم اطمینان بستگی به بخش اقتصادی (مسکن خصوصی، زمین کشاورزی، فعالیت‌های اقتصادی) دارد عدم قطعیت در منحنی عمق- خسارت قابل توجه است. وو و همکاران [18] مدل‌های هیدرودینامیک تک‌بعدی و دوبعدی را با GIS به صورت مکانی-زمانی به منظور شبیه‌سازی پویای ریسک‌های سیل تلفیق کردند. در این سامانه پشتیبانی تصمیم، یک مدل سه بعدی از ناحیه مطالعه و امکانات مهندسی هیدرولیک با استفاده از فناوری مدل‌سازی سه‌بعدی مبتنی بر تصویربرداری به سرعت می‌تواند ایجاد شود. مبتنی بر این چهارچوب، یک پلتفرم داده‌های مکانی-زمانی چندمنبعی برای شبیه‌سازی‌های ریسک سیل برای مخزن ژیاشان در رود ویهه به‌عنوان مطالعه موردی توسعه یافت. نتایج ارزیابی مدل در مقاله وو و همکاران [18] نشان داد تلفیق مدل‌های هیدرودینامیک و GIS بازده شبیه‌سازی‌های ریسک سیل را برای پشتیبانی تصمیم هم‌چون شبیه‌سازی‌های بصری پویا و شبیه‌سازی‌های سیل شکست سد می‌تواند بهبود بخشد. مونیر و همکاران [19] یک مدل هیدرولوژیکی و یک مدل هیدرولیکی مبتنی بر برآوردهای استخراج‌شده از GIS و سنجش از دور را به منظور شبیه‌سازی پاسخ جریان مسیل سیلابی به رویدادهای سیل‌های ناگهانی در پاکستان تلفیق ساختند. این مطالعه با استفاده از تلفیق تکنیک سنجش از دور و GIS پارامترهای هیدرولوژیکی مختلف را برای مدل‌ها در یک سطح پیکسل استخراج ساختند. تلفیق این مدل‌ها مشخص شد که توانایی شبیه‌سازی درجات و شرایط سیل‌های ناگهانی به‌طور دقیق‌تر را داراست. این دو مطالعه مشخص ساخت

در زمینه مطالعات مشابه انجام شده داخلی می‌توان به پژوهش نگارش و همکاران [10] اشاره کرد که با استفاده از داده‌های بارش و دبی روزانه در یک دوره ۲۸ ساله شدت سیل‌خیزی حوضه کشکان را بررسی کردند که نتایج نشان داد روند تغییرات ضریب رواناب سالانه حوضه دارای رشد ۸۴ درصدی بوده‌است. زرگر و معصومی‌نژاد [11] با مطالعه بر روی رودخانه چناران بجنورد، کاربرد سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS) را در تعیین حد حریم و بستر رودخانه‌ها مورد بررسی قرار دادند و به پهنه‌بندی سیلاب در سطح این رودخانه پرداختند. در تحقیق دیگری اصلانی و مهدی‌پور [12] با به کارگیری GIS در پهنه استان تهران، به برنامه‌ریزی کاهش خطرپذیری سیلاب پرداختند. نتایج تحلیل داده‌های آن‌ها نشان می‌دهد آنچه باعث ایجاد ناامنی و خطر و مطرح شدن سیلاب ناشی از بارش به‌عنوان مخاطره و تهدید می‌شود، مکان‌گزینی نادرست و بی‌توجهی به حریم رودخانه‌ها و اشغال پهنه‌های سیل‌گیر توسط سکونت‌گاه‌هایی است که گاه به‌صورت غیرمجاز بنا شده‌است. فلاح زواره و همکاران [13] تأثیر عدم قطعیت توزیع مکانی بارش را بر روی مقدار دبی اوج سیلاب با استفاده از روش مونت کارلو مورد بررسی قرار دادند. هم‌چنین با استفاده از روش تحلیل حساسیت اثر تداوم بارش را بر روی میزان دبی اوج تحلیل کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده تأثیر عمده عدم قطعیت ورودی‌های مدل بر روی نتایج شبیه‌سازی مدل بارش رواناب است. در پژوهشی قوامی و محمدی‌نیا [14] به پیش‌بینی مکانی مناطق سیل‌خیز استان گیلان با استفاده از GIS و هفت پارامتر دما، رطوبت، بارش، ارتفاع، شیب، پوشش گیاهی و فاصله از رودخانه پرداخته‌اند. آن‌ها از روش رگرسیون معمولی، روش ضریب هم‌بستگی پیرسون و رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی استفاده کردند که روش آخر بهترین نتایج در پیش‌بینی مناطق سیل‌خیز ارائه نموده‌است.

هم‌چنین از مطالعات پیشین خارجی می‌توان به پژوهش زیوبی و همکاران [15] اشاره کرد که به مطالعه تأثیر سیلاب بر سازه‌های شهری در شهر ساحلی بمبی در هند پرداختند. آن‌ها با استفاده از نقشه‌های تغییرات پوشش سطح زمین و کاربری اراضی، نقشه خطر سیل برای کاربری‌های اراضی مختلف را با مدل هیدرولیکی HEC-RAS تهیه کردند. نتایج نشان داد

كمى بهره گرفته شده است. داده‌هاى اين تحقيق شامل كاربرى‌هاى زمين در اطراف رود و مسير رودخانه از تصاوير ماهواره‌اى احصا شده است و مشخصات هندسى رودخانه شامل عمق و عرض و ارتفاع رودخانه در مقاطع مختلف از نماينده وزارت منابع آب عراق در شهرستان بصره به دست آمده است. روش‌هاى به كار گرفته شده، تكنيك‌هاى تحليل‌هاى مكاني در محيط GIS با استفاده از نرم‌افزارهاى برنامه‌نويسى تعيين هم‌بستگى ميان ارتفاع آب در ابتدا و انتهاي شطالعرب انجام شده است.

محدوده مطالعه

شهر بصره به عنوان بزرگ‌ترين بندر عراق در امتداد شطالعرب ايجاد شده است و با جمعيت تقريبي ۳ ميليون نفر سومين شهر بزرگ كشور عراق و مركز استان بصره است. بصره در ۵۵ كيلومترى خليج فارس و در ۵۴۵ كيلومترى بغداد است. مناطق اطراف بصره داراى منابع مهم نفتى و هم‌چنين مناطق حاصل خيز كشاورزى است. شكل (۱) استان بصره به همراه شهرستان‌هاى آن را نشان مى‌دهد.

رودخانه شطالعرب يكي از مهم‌ترين منابع آب شيرين است كه به خليج فارس مى‌ريزد كه از تلاقى رودهاى دجله و فرات در منطقه كرمه على تشكيل مى‌شود. عرض جريان شطالعرب بين ۲۰۰ متر تا بيش از ۲ كيلومتر است و عمق آن ۸ تا ۱۵ متر متغير است. درازاى اين رود از قرنه تا ريزشگاه آن در خليج فارس حدود ۱۹۰ كيلومتر است. ريزشگاه رود در ميان شهر ايراني ارونديكنار و شهر عراقى فاو است. بصره، خرمشهر، آبادان، خسروآباد و فاو از جمله بندرهاى مهم اين آبراه هستند كه نقش چشم‌گيرى در رونق بازرگانى منطقه دارند. هم‌اكنون ۸۱ كيلومتر از ۱۷۵ كيلومتر طول اين رود - از محل پيوستن نهر خين به اين رودخانه تا مصب آن در خليج فارس - مرز مشترك ايران و عراق به شمار مى‌آيد.

داده‌ها

به منظور بررسى خطر وقوع سيل در رودخانه شطالعرب ابتدا نياز به داده‌هاى معرفى‌كننده اين رود شامل عرض رودخانه، ارتفاع و عمق در مقاطع مختلف است. مختصات دو سمت رودخانه در هر مقطع به همراه عمق و ارتفاع آب نسبت به سطح دريا از نماينده وزارت منابع آب عراق در شهرستان بصره و هم‌چنين برداشت‌هاى ميدانى تهيه شده است. با استفاده از

تلفيق مدل‌ها با روش‌هاى تحليل مكاني - زمانى بازده و دقت شبیه‌سازى‌هاى سيل را براى مديريت سيل مى‌تواند بهبود بخشد. در تحقيق حاضر، به مطالعه ريسك‌پذيرى مناطق اطراف رودخانه شطالعرب واقع در شهرستان بصره كشور عراق پرداخته شد. اين امر ابتدا با مطالعه مشخصات رودخانه و گردآورى داده‌هاى مورد نياز كه شامل عمق و عرض رودخانه در ۱۲ مقطع عرضى رودخانه بود، صورت گرفت و هم‌زمان داده‌هاى كاربرى آن مناطق از طريق تصاوير ماهواره‌اى استخراج شد. از آن‌جا كه اين رودخانه به دليل موقعيت مناسب و كاربردى، كاربرى‌هاى مختلفى از جمله كشاورزى، مسكونى، صنعتى، اسكله، تجارى و پارک را در خود جاى داده است، ضرورى است مطالعات بيشتر براى شناسايى محدوده‌هاى پُريسك و به دنبال آن انديشيدن تدابير مناسب به منظور حفظ ارزش‌هاى جاني و مالي صورت گيرد. از نوآورى‌هاى اين تحقيق، تعيين معيارهاى مورد نظر براى تخمين طغيان رودخانه است. پس از تعيين آن‌ها بايستى پهنه‌بندى حرايم رود براساس فواصل مشخصى انجام گردد كه مشخص و معرفى كردن پنج كلاس براى نواحى حريم با ميزان خطر متفاوت از ديگر موارد نوآورى اين تحقيق است. در نهايت نيز ارزيايى و پهنه‌بندى خطر طغيان شطالعرب در محدوده شهرستان بصره كه از منظر كشاورزى، توزيع جمعيت و بندرى محدوده‌اى بسيار ذى‌قيمت است، به عنوان مستندى در اختيار وزارت منابع آب عراق قرار خواهد گرفت تا براى اولين بار در آن كشور از اين پهنه‌بندى براى تعيين راهكارهاى مديريتى و اجرايى مورد استفاده قرار بگيرد.

مواد و روش‌ها

اين پژوهش از لحاظ هدف كاربردى مى‌باشد و منطقه مورد مطالعه آن حوضه رود شطالعرب در محدوده شهرستان بصره عراق (به طول جغرافيايى ۴۷ درجه و ۲۶ دقيقه و ۲۹ ثانيه شرقى و عرض جغرافيايى ۳۱ درجه و ۱۷ ثانيه شمالى) مى‌باشد. روش مورد استفاده در اين پژوهش روش تحليلى كمى و تفسيرى مبتنى بر داده‌هاى پژوهش است. بعد از جمع‌آورى داده‌هاى مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهاى مختلف تحليل‌هاى مكاني انجام مى‌شود و سپس براساس اطلاعات حاصل شده تحليل‌ها و تفسيرهاى لازم بر روى نتايج انجام مى‌پذيرد. با توجه به اين كه در پژوهش حاضر داده‌ها از طريق ابزارهاى تحليل كمى كه روش‌هاى آمارى و رياضى براى جمع‌آورى داده‌ها هستند تهيه شدند از روش‌هاى

از تصاویر ماهواره‌ای و عملیات رقومی سازی تهیه شده است. جدول (۱) مختصات مقاطع مورد بررسی را به نمایش می‌گذارد.

مختصات دو سمت رودخانه، در نرم‌افزار ArcMap مشخصه عرض حاصل شده است. لایه‌های GIS مربوط به شهرستان بصره و مسیر رودخانه شط العرب نیز برای تحلیل‌های مکانی با استفاده



شکل ۱ نقشه استان بصره به همراه شهرستان‌های این استان

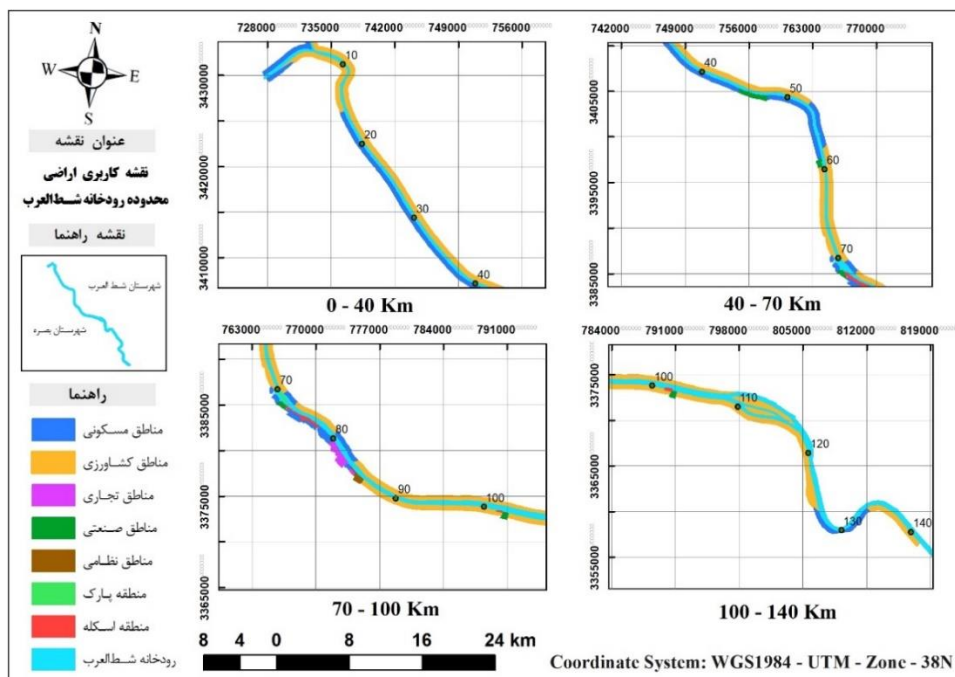
جدول ۱ مختصات ۱۲ مقطع شط العرب مورد بررسی در پژوهش

شماره مقطع	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
۱	۷۳۳۲۲۲	۳۴۳۲۵۸۴	۷۳۳۲۷۹	۳۴۳۳۷۰۳
۲	۷۳۶۸۶۰	۳۴۳۰۳۰۸	۷۳۶۹۷۱	۳۴۳۰۲۹۴
۳	۷۳۸۸۶۴	۳۴۲۱۹۱۵	۷۳۹۰۳۰	۳۴۲۲۰۳۴
۴	۷۴۶۰۶۳	۳۴۱۱۶۶۵	۷۴۶۲۵۴	۳۴۱۱۷۹۸
۵	۷۵۰۸۶۶	۳۴۰۷۳۴۰	۷۵۰۸۰۲	۳۴۰۷۱۹۱
۶	۷۵۸۳۷۲	۳۴۰۴۶۹۷	۷۵۸۳۶۵	۳۴۰۴۸۲۹
۷	۷۶۴۰۹۳	۳۳۹۷۵۶۱	۷۶۴۲۹۱	۳۳۹۷۶۰۵
۸	۷۶۸۳۶۶	۳۳۸۴۲۶۳	۷۶۸۲۶۱	۳۳۸۴۰۴۶
۹	۷۷۲۵۷۶	۳۳۸۰۳۰۴	۷۷۲۹۱۰	۳۳۸۰۴۹۲
۱۰	۷۷۹۷۸۹	۳۳۷۴۳۷۹	۷۷۹۸۷۹	۳۳۷۴۶۴۳
۱۱	۸۰۹۲۲۱	۳۳۵۷۹۴۸	۸۰۹۱۶۹	۳۳۵۸۱۷۸
۱۲	۸۱۴۹۹۴	۳۳۵۹۸۶۱	۸۱۵۳۴۴	۳۳۶۰۱۹۲

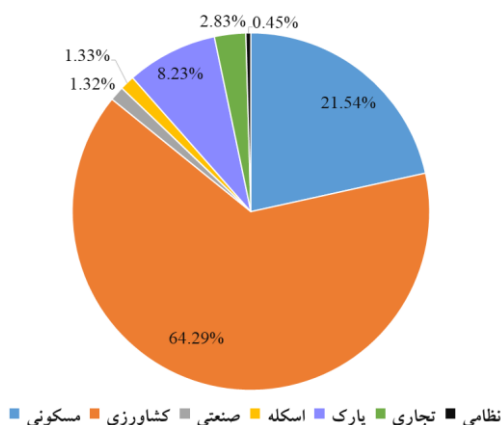
پياده‌سازى

انجام تحليل‌هاى مكاني مناسب وابسته به تعيين كاربري‌هاى اراضي اطراف رودخانه شط‌العرب است. به ديگر بيان از آنجايي كه ميزان صدمات ناشى از وقوع طغيان در مناطقي با كاربري‌هاى گوناگون يكسان نيست بايستي در طول مسير رودخانه كاربري‌هاى اراضي تعيين گردد. اين كار با استفاده از تصاوير ماهواره‌اى و رقومى كردن توسط نگارندگان انجام شده‌است و

هم‌چنين پاره‌اى از موارد از بازديدهاى ميدانى محاسبه شده‌است. با در نظر گرفتن هفت نوع كاربري مختلف كه در اطراف رودخانه وجود دارند و شامل مناطق تجارى، نظامى، اسكله، پارك، صنعتى، كشاورزى و مسكونى مى‌شود، شكل (2) توزيع اين كاربري‌ها را در اطراف رودخانه نشان مى‌دهد. با توجه به مطالعات پيشين و خرابي‌هاى ناشى از سيل‌هاى گذشته فاصله 500 متری اطراف رودخانه براى تعيين كاربري‌هاى اراضي مورد بررسى قرار گرفته‌است.



شكل 2 كاربري‌هاى اراضي اطراف رودخانه شط‌العرب



شكل 3 سهم هر كاربري از مساحت كل منطقه مورد مطالعه برحسب درصد

جدول ۲ شاخص‌های معرفی شده برای مقاطع رودخانه شطالعرب

شماره مقطع	عرض	عمق	حاصل ضرب عرض در عمق
۱	۱۳۲	۱۰/۷۵	۱۴۱۹
۲	۱۱۱	۱۰/۵۰	۱۱۶۵/۵۰
۳	۲۰۴	۱۱	۲۲۴۴
۴	۲۳۲	۱۱/۵۰	۲۶۶۸
۵	۱۶۲	۱۱/۵۰	۱۸۶۳
۶	۱۳۲	۱۲	۱۵۸۴
۷	۲۰۳	۱۲/۵۰	۲۵۳۷/۵
۸	۲۴۵	۱۵	۳۶۷۵
۹	۳۸۳	۱۴	۵۳۶۲
۱۰	۲۷۸	۹	۲۵۰۲
۱۱	۲۳۶	۱۳	۳۰۶۸
۱۲	۴۸۲	۲۴	۱۱۵۶۸

در عمق رودخانه برای ارزیابی میزان خطر طغیان شطالعرب استفاده شده است.

با فرض این که در بزرگ‌ترین سطح مقطع رودخانه، دقیقاً مساحت اشغال شده توسط آب، به اندازه شاخص سوم جدول (۲) باشد، می‌توان سایر مقاطع را از نظر خطر وقوع طغیان رودخانه ارزیابی نمود. به بیانی دیگر با در شرف سرریز بودن مقطعی با بیشترین گنجایش (مقطع شماره ۱۲) و قرار گرفتن آن در کلاسی با خطر طغیان بسیار کم، طبقه‌بندی سایر مناطق اطراف رود را می‌توان انجام داد. جدول (۳) دسته‌بندی خطرپذیری طغیان را براساس معیار تعریف شده، با نظر کارشناسان این زمینه کاری در ۵ کلاس نمایش می‌دهد. این ۵ کلاس با استفاده از نظرات خبرگان محلی انتخاب شده است. آن‌ها علاوه بر آشنایی بر توپوگرافی و مدل ارتفاعی زمین و ساختمان‌ها در محدوده مطالعاتی، سابقه طغیان رودخانه مورد نظر را نیز در نظر گرفته‌اند. نظرات آن‌ها در فرم‌های نظرسنجی جمع‌آوری شده و با میانگین‌گیری از کران‌های دسته‌ها محدوده‌ها تعیین شدند. کلاس‌بندی پیشنهادی، تنها برای این محدوده مطالعاتی با ویژگی‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی و عوارض جغرافیایی قابل استفاده بوده و می‌تواند به‌عنوان معیاری جهت تحلیل‌های مکانی کاربری‌های اطراف رود استفاده شود. محققان بایستی برای نواحی دیگر شرایط و کلاس‌های خاص آن منطقه را در نظر گیرند.

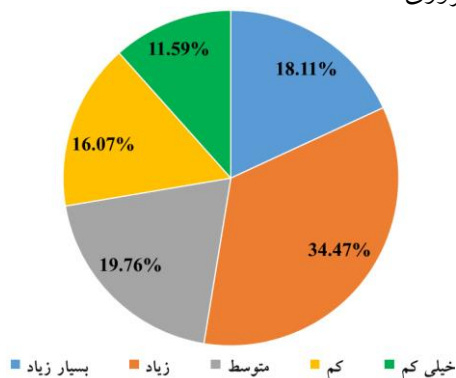
در شکل (۲) مشخص است که بیشتر مناطق اطراف رودخانه شطالعرب را کاربری‌های کشاورزی تشکیل می‌دهد. این زمین‌ها تقریباً در تمام طول مسیر رود وجود دارند. مناطق مسکونی پس از مناطق کشاورزی بیشترین سهم زمین‌های اطراف رودخانه را به خود اختصاص می‌دهد که با توجه به امکان صدمه جانی در این مناطق در صورت بروز طغیان دارای اهمیت بسیار زیادی هستند. شکل (۳) سهم هر یک از کاربری‌های اطراف شطالعرب را از مساحت کل منطقه مورد مطالعه برحسب درصد نشان می‌دهد.

برای تعیین میزان خطرپذیری وقوع سیل در طول مسیر نیاز به انتخاب شاخص‌های مناسب است. با توجه به تأثیر مستقیم ابعاد هندسی هر مقطع از رود در گنجایش حجم آب عبوری، عرض و عمق رود به‌عنوان دو شاخص اولیه انتخاب می‌شود. از آنجایی که عمق و عرض به‌تنهایی نمی‌توانند شاخص مناسبی باشند لذا برای رسیدن به شاخصی قابل قضاوت از ضرب عرض و عمق در یکدیگر به‌عنوان شاخصی اصلی استفاده شده است. از طرف دیگر با توجه به توپوگرافی نسبتاً هموار در محدوده مطالعاتی این شاخص مبین ویژگی‌های موردنظر تحقیق است. جدول (۲) سه شاخص مورد استفاده برای ارزیابی میزان خطر را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر از شاخص حاصل ضرب عرض

جدول ۳ دسته‌بندی ارزیابی خطر وقوع طغیان

مقدار شاخص سطح مقطع رودخانه (مترمربع)	عنوان کیفی دسته خطرپذیری
۱۵۰۰-۲۰۰۰	بسیار زیاد
۲۰۰۰-۴۰۰۰	زیاد
۴۰۰۰-۷۰۰۰	متوسط
۷۰۰۰-۹۰۰۰	کم
۹۰۰۰-۱۱۰۰۰	خیلی کم

نسبت به سایر دسته‌ها در خود جای داده‌است. بیشتر از ۵۰ درصد مساحت زمین‌های این کاربری در مناطق مربوط به دو دسته اول خطر طغیان قرار دارند. همان‌طور که در جدول (۴) و همچنین شکل (۴) نشان داده شده‌است، مساحت مناطقی موجود در خطر طغیان خیلی کم، نسبت به سایر دسته‌ها کمترین سهم را دارد. این مورد حاکی از آن است که در صورت بروز طغیان، بخش اندکی از زمین‌های کشاورزی اطراف شط‌العرب، از شانس مناسب برای در امان ماندن از آسیب‌های احتمالی برخوردار هستند. فلذا مدیریت و اطلاع‌رسانی صحیح قبل از وقوع حادثه در این کاربری امری ضروری است.



شکل ۴ توزیع آماری مناطق کشاورزی اطراف شط‌العرب برحسب

درصد جدول (۵) نشان می‌دهد توزیع آماری زمین‌های با کاربری مسکونی در مناطقی با ریسک‌های مختلف به چه شکل است. از بین ۱۴ منطقه مسکونی موجود در اطراف شط‌العرب ۲ منطقه در شرایطی با خطرپذیری بسیار زیاد است که مساحتی در حدود ۸۱۲ هکتار را دارا می‌باشد. شکل (۵) توزیع آماری محدوده‌های مسکونی در دسته‌های مختلف خطرپذیری اطراف شط‌العرب را برحسب درصد نشان می‌دهد. تنها دو منطقه مسکونی در اطراف شط‌العرب در مناطقی با خطرپذیری کم و خیلی

نتایج و بحث

استفاده از روش‌های تحلیلی مکان‌محور با استفاده از GIS برای استخراج نتایج مختلف از پژوهش‌های انجام‌شده، در کمک به فرایند تصمیم‌گیری مدیران و بهبود عملکرد در پیشگیری از خطر طغیان و صدمات بعدی آن بسیار تأثیرگذار است. در این تحقیق از نرم‌افزارهای متداول برای تحلیل‌های مکانی و آماری استفاده شده‌است. در محیط GIS تعداد هریک از کاربری‌ها که در کلاس‌های مختلف خطرپذیری وجود دارد، احصای گشته‌است. همچنین جداول آماری و نمودارهای هریک از کاربری‌ها حاصل شده‌است. جدول (۴) نشان می‌دهد توزیع زمین‌های با کاربری کشاورزی در مناطقی با ریسک‌های مختلف به چه نحو است. از بین ۲۷ منطقه کشاورزی موجود در اطراف شط‌العرب ۳ منطقه در شرایطی با خطرپذیری بسیار زیاد است که مساحتی در حدود ۲۴۲۷ هکتار را دارا می‌باشد.

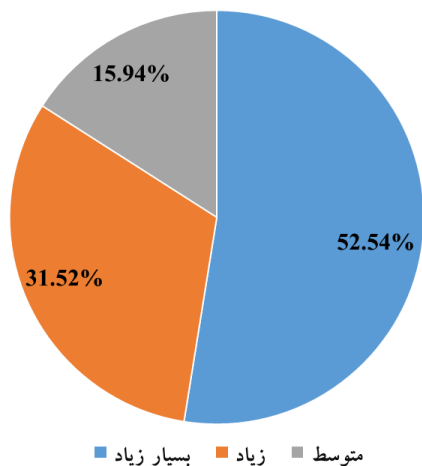
جدول ۴ توزیع آماری کاربری کشاورزی در خطرپذیری‌های

مختلف برحسب هکتار

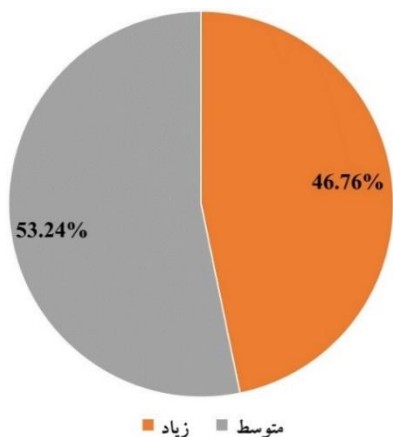
مناطق کشاورزی		
تعداد	مجموع مساحت (هکتار)	خطر
۳	۲۴۲۷	بسیار زیاد
۷	۴۶۲۰	زیاد
۷	۲۶۴۹	متوسط
۶	۲۱۵۴	کم
۴	۱۵۵۴	خیلی کم

شکل (۴) توزیع آماری محدوده‌های کشاورزی در دسته‌های مختلف خطرپذیری اطراف شط‌العرب را برحسب درصد نشان می‌دهد. دسته با عنوان خطرپذیری زیاد بیشترین مساحت را

حدود ۱۴۵ هکتار را دارا می‌باشد و بیش از ۵۰ درصد مساحت این منطقه را شامل می‌شود. از سه منطقه دیگر نیز که هریک مساحتی برابر دارند، دو مورد در خطر زیاد و یک مورد در خطر متوسط قرار دارد. مناطق صنعتی در خطرپذیری طغیان کم و خیلی کم قرار ندارند و این بدان معناست که در احداث مناطق صنعتی، توجه کافی به پدیده طغیان و احتمال بروز خسارات ناشی از وقوع آن نشده‌است.



شکل ۶ توزیع آماری مناطق صنعتی اطراف شطالعرب بر حسب درصد



شکل ۷ توزیع آماری مناطق اسکله اطراف شطالعرب بر حسب

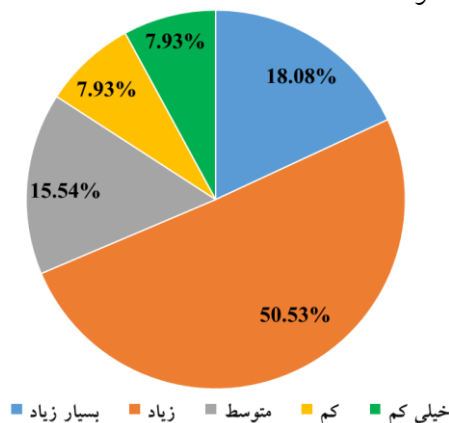
منطقه اسکله رودخانه شطالعرب از نظر موقعیت مکانی به‌صورت پراکنده نیست اما در دو دسته خطر زیاد و متوسط قرار گرفته‌است. این منطقه به‌دلیل کشتی‌رانی در شطالعرب دارای اهمیت بالایی است و جز مناطق استراتژیک محدوده مورد مطالعه است که حفاظت از آن در برابر طغیان اهمیت بالایی دارد. شکل

کم قرار گرفته‌است که در مجموع حدود ۱۶ درصد مساحت کل مناطق مسکونی اطراف رود است (شکل ۵). درحالی‌که بیش از ۵۰ درصد مساحت این کاربری در خطرپذیری زیادی قرار دارند.

جدول ۵ توزیع آماری کاربری مسکونی در خطرپذیری‌های مختلف برحسب هکتار

مناطق مسکونی		
خطر	مجموع مساحت (هکتار)	تعداد
بسیار زیاد	۸۱۲	۲
زیاد	۲۲۷۰	۶
متوسط	۶۹۸	۴
کم	۳۵۶	۱
خیلی کم	۳۵۶	۱

همان‌طور که در شکل (۵) مشخص است، بیشتر مناطق مسکونی در خطرهای زیاد و خیلی زیاد وقوع طغیان هستند. مناطق مسکونی اطراف شطالعرب عموماً در نزدیکی شهرهای مهم اطراف رودخانه مانند بصره قرار دارد و با توجه به این‌که در مناطق مسکونی تعداد افراد بیشتری زندگی می‌کنند، حتماً باید تدابیر لازم برای جهت جلوگیری از صدمات جانی و مالی اندیشیده شود.



شکل ۵ توزیع آماری مناطق مسکونی اطراف شطالعرب بر حسب درصد

شکل (۶) توزیع زمین‌های با کاربری صنعتی در مناطق با ریسک‌های مختلف وقوع طغیان را برحسب درصد نشان می‌دهد از بین چهار منطقه صنعتی موجود در اطراف شطالعرب یک منطقه در شرایطی با خطرپذیری بسیار زیاد است که مساحتی در

خواهد کرد. جدول (۶) توزیع آماری انواع کاربری‌ها با میزان خطرپذیری مختلف دومین کاربری از نظر میزان مساحت واقع در محدوده خطر، مناطق با کاربری مسکونی می‌باشند که حدود ۴۵۰۰ هکتار مساحت را تا شعاع ۵۰۰ متری رود تشکیل می‌دهند. از این مقدار مساحت، حدود ۳۸۰۰ هکتار در محدوده با میزان ریسک متوسط تا بسیار زیاد وقوع سیل قرار دارد. از میان کاربری‌های موجود، کاربری مسکونی از بالاترین میزان حساسیت برخوردار است به طوری که در اغلب مواقع صدمات وارد به آن جبران‌ناپذیر است. قرارگیری این میزان مساحت از کاربری مسکونی در محدوده پر ریسک وقوع سیل، می‌تواند خسارات جانی و مالی شدیدی به بار آورده و به تخریب منازل و اموال ساکنین مجاور منجر شود. با مقایسه میدانی مشخص شد که مناطقی با کاربری‌های مختلف که در نتایج حاصل، در دسته‌های خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد قرار گرفته‌اند، در طغیان‌های گذشته بیشتر دچار صدمه شده‌اند.

نتیجه‌گیری

در حوضه رودخانه شط‌العرب واقع در استان بصره، باتوجه به این که روستاها، اراضی زراعی و تأسیسات احداث شده در حاشیه رودخانه همواره در معرض خطر طغیان سیل قرار دارند، ارزیابی و تحلیل مکانی نواحی مستعد طغیان رودخانه و تهیه نقشه پهنه‌های سیل‌گیر در این محدوده ضرورت دارد که این تحقیق سعی بر این داشته‌است برای اولین بار به تحلیل این منطقه بپردازد.

(۷) توزیع آماری کاربری اسکله در دسته‌های مختلف خطرپذیری را برحسب درصد نشان می‌دهد.

درصد تنها یک پارک با مساحت ۱۷۱۵ هکتار در محدوده مورد مطالعه وجود دارد که در بخش خطر طغیان زیاد قرار دارد. به علت موقعیت خاص این پارک که در میان رود قرار گرفته‌است، باید با پیش‌بینی زمان وقوع طغیان از تعطیل بودن پارک اطمینان حاصل نمود تا صدمات جانی به حداقل برسد.

هم‌چنین در بررسی کاربری تجاری مشخص می‌شود که تمامی مناطق تجاری محدود مورد مطالعه در کنار یکدیگر جمع شده‌اند، از نظر میزان خطر طغیان نیز در یک دسته قرار گرفته و دارای خطر متوسط هستند.

در نهایت منطقه نظامی شط‌العرب نیز با مساحت ۹۴ هکتار در بخش خطرپذیری خیلی کم قرار گرفته‌است که نشان از موقعیت مناسب آن دارد.

در جدول (۶) نمای کلی وضعیت هرکدام از کاربری‌های مجاور رود شط‌العرب به همراه مقدار مساحت دسته‌بندی شده و تحت خطر را نشان می‌دهد. با استفاده از این جدول امکان مقایسه بین خطرپذیری طغیان کاربری‌های مختلف فراهم است.

بخش بزرگی از مساحت مجاورت این رودخانه را مناطق با کاربری کشاورزی پوشش می‌دهند که در این میان، بیش از ۷۰ درصد مناطق این کاربری با مساحت حدود ۹۷۰۰ هکتار در طبقه میزان ریسک متوسط تا بسیار زیاد وقوع سیل قرار دارد. در صورت طغیان رود و جاری شدن سیل این مناطق بیشتر از سایر کاربری‌ها تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. وقوع این رخداد، به زمین‌های زراعی و کشاورزی آسیب وارد می‌کند و کشت محصول و تأمین مواد غذایی مناطق اطراف را با مشکل روبه‌رو

جدول ۶- توزیع آماری انواع کاربری‌ها با میزان خطرپذیری مختلف

مساحت به تفکیک کاربری (هکتار)							میزان ریسک
نظامی	تجاری	پارک	اسکله	صنعتی	مسکونی	کشاورزی	
۰	۰	۰	۰	۱۴۵	۸۱۲	۲۴۲۷	بسیار زیاد
۰	۰	۱۷۱۵	۱۳۰	۸۷	۲۲۷۰	۴۶۲۰	زیاد
۰	۵۹۱	۰	۱۴۸	۴۴	۶۹۸	۲۶۴۹	متوسط
۰	۰	۰	۰	۰	۳۵۶	۲۱۵۴	کم
۹۴	۰	۰	۰	۰	۳۵۶	۱۵۵۴	خیلی کم

عمق مقاطع که از قبل حاصل شده بود، سطح مقطع رودخانه به‌عنوان شاخص ارزیابی خطر طغیان به‌دست آمد. در گام بعدی با استفاده از این شاخص طبقه‌بندی خطر طغیان در محدوده ۵۰۰ متری از شطالعرب انجام شد. استفاده اصلی GIS در این پژوهش در بررسی وضعیت قرارگیری کاربری‌های اطراف رود در هر یک از طبقات خطرپذیری طغیان شطالعرب بود که به‌خوبی مساحت و تعداد مناطق هر کاربری در هر یک از طبقات خطرپذیری مشخص شد. کاربرد دیگر GIS در دسته‌بندی و بصری‌سازی کاربری‌های اطراف رودخانه بود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی میزان طغیان رودخانه با استفاده از روش‌های شبکه عصبی بررسی و برآورد گردد و از مدل‌های هیدرولیکی بهره گرفته شود. همچنین وجود مدل رقومی ارتفاعی مناسب از محدوده مورد مطالعه سبب تدقیق نتایج می‌شود.

در این مطالعه با فرض به‌وجود آمدن جریان‌های که بزرگ‌ترین سطح مقطع رودخانه را کاملاً از آب پر کند، وضعیت طغیان رود در مقاطع دیگر بررسی گردید. این مقطع در دسته خطر طغیان بسیار کم جای داده شده و شاخص سطح مقطع رودخانه در مقاطع دیگر محاسبه شد. به‌کمک نتایج حاصل می‌توان دریافت که در کدام منطقه با چه کاربری میزان طغیان تا چه اندازه جدی و مخاطره‌آمیز است. در نتایج حاصل از تحقیق تمامی کاربری‌های موجود به‌همراه میزان مساحت آن‌ها در پنج طبقه کیفی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد دسته‌بندی شده‌اند؛ که هرکدام از این دسته‌ها نماد کیفی بازه معینی از شاخص سطح مقطع است. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این است که GIS به‌عنوان ابزاری کارآمد در تحلیل‌های مکانی نقش ایفا کرده‌است. با استفاده از GIS عرض مقاطع رودخانه مشخص شد و سپس با استفاده از

مراجع

1. Iqbal, U., Perez, P., Li, W., & Barthelemy, J., "How computer vision can facilitate flood management: A systematic review", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, No. 53, p. 102030, (2021).
2. Mohanty, M. P., H, V., Yadav, V., Ghosh, S., Rao, G. S., & Karmakar, S., "A new bivariate risk classifier for flood management considering hazard and socio-economic dimensions", *Journal of Environmental Management*, 255, 109733. doi:10.1016/j.jenvman.2019.10973, (2020).
3. Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., Wyser, K., Feyen, L., Roo, A. De, de Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., Feyen, L., "Earth's Future Global projections of river flood risk in a warmer world", *Earth's Futur.* 5, pp. 171–182, (2017).
4. Mel, R. A., Viero, D. P., Carniello, L., & D'Alpaos, L., "Optimal floodgate operation for river flood management: The case study of Padova (Italy)", *Journal of Hydrology: Regional Studies*, No. 30, p. 100702, (2020).
5. Gamble, D. W., & Meentemeyer, V. G., "A synoptic climatology of extreme unseasonal floods in the southeastern United States, 1950-1990", *Physical Geography*, No. 18(6), pp. 496–524, (1997).
6. Hirschboeck, K. K., "Hydroclimatically-defined mixed distributions in partial duration flood series. In Hydrologic frequency modeling: Proceedings", (1987).
7. Merz, B., Aerts, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Baldi, M., Becker, A., Bichet, A., Nied, M., "Floods and climate: Emerging perspectives for flood risk assessment and management", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, No. 14(7), pp. 1921–194, (2014).
8. Shareef, M., & Abdulrazaq, D., "Civil Engineering Journal River Flood Modelling For Flooding Risk Mitigation in Iraq", *Civil Engineering Journal*. 7. 1702-1715. 10.28991/cej-2021-03091754. (2021).
9. Hirschboeck, K. K., "Future Hydroclimatology and the research challenges of a Post-stationary world", *Journal of Contemporary Water Research & Education*, No. 142(1), pp. 4–9, (2009).

10. Negaresh, H., Tavoosi, T., & Mahdinasab, m., "Investigating the severity of flooding in the Kashkan River catchment area", *Journal of Natural geography*, No. 4(13), pp. 49-58, (2011). (In Persian)
11. Zargar, M., Masominezhad, A., "The application of GIS in the studies of determining the boundaries and bed of rivers, a case study: the catchment area of Chenaran River", *The 4th Iran Water Resources Management Conference.*, Amirkabir university of technology, Iran, (2011). (In Persian)
12. Aslani, F., Mehdipour, H., "Planning for Flood Risk Reduction by Using GIS Technique in Tehran Province", *Disaster Prevention and Management Knowledge*, No. 5 (3), pp. 173-185, (2015). (In Persian)
13. Falahzavareh, F., Saghafian, B., Behzadian, K., "Estimation of the flood hydrograph using the SWMM model, taking into account the uncertainty of the spatial distribution of precipitation using the Monte Carlo method", *9th International Congress on Civil Engineering*, Isfahan, Iran, (2012). (In Persian)
14. Ghavami, Z., Mohammadinia, A., "Spatial prediction of flood prone areas using geospatial information system", *The 4th national conference on the application of GIS in the water and electricity industry*, Arak, Iran, (2017). (In Persian)
15. Zope, P.E. Eldho, T.I. Jothiprakash, V., "Impacts of urbanization on flooding of a coastal urban catchment: a case study of Mumbai City, India", *Journal of Natural Hazards*, January 2015, Vol. 75, Issue 1, pp. 887-908, (2015).
16. Kalyanapu, A. J., Judi, D.R., McPherson, T. N., "Monte Carlo-based flood modelling framework for estimating probability weighted flood risk", *Journal of Flood Risk Management*, No. 5(1), pp. 37-48, (2012).
17. Saint-Geours, N., Grelot, F., Bailly, J. S., Lavergne, C., "Ranking sources of uncertainty in flood damage modelling: a case study on the cost-benefit analysis of a flood mitigation project in the Orb Delta, France", *Journal of Flood Risk Management*, No. 8, pp. 161-176, (2015).
18. Wu, Y., Peng, F., Peng, Y., Kong, X., Liang, H. and Li, Q., "Dynamic 3D Simulation of Flood Risk Based on the Integration of Spatio-Temporal GIS and Hydrodynamic Models", *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, No. 8, p. 520, (2019).
19. Munir, B.A., Ahmad, S.R., Hafeez, S., "Integrated hazard modeling for simulating torrential stream response to flash flood events", *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 9, (2019).

