www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir

کد استعلام اصالت گواهینامه : PP-BHIJ

آدرس سامانه www.icica.ir/verify

International Conference on

Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure

کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری

29-30 July 2015

TABRIZ - IRAN

۷ الی ۸ مرداد ۱۳۹۴ ایران - تبریز

CERTIFICATE

گواهینامه پذیرش، چاپ و ارائه مقاله

سرکار خانم / جناب آقای آذین باقری ،روزبه شاد

بدینوسیله گواهی می گردد مقاله جنابعالی تحت عنوان:

کاربرد شبکه عصبی در پهنه بندی خطر زمین لغزش، با استفاده از داده های سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی

با توجه به نظر کمیته داوری کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و زیرساخت های شهری جهت چاپ در مجموعه مقالات کنفرانس مورد پذیرش قرارگرفته و در این کنفرانس که درتاریخ ۷ الی ۸ مرداد ماه ۱۳۹۴ در تبریز برگزار شد ارائه گردیده است. موفقیت روزافزون شما را در عرصه های دانش و پژوهش از درگاه احدیت مسئلت می نماییم.

با تقدیم احترام
مهندس علی احمدی
دبیر اجرایی کنفرانس

با تقدیم احترام
دکتر کاوه علیپور
دبیر علمی کنفرانس

بدون مهر برجسته فاقد اعتبار می‌باشد

www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir www.icica.ir

International Conference on Civil Engineering
Architecture and urban infrastructure
29-30 July 2015, Tabriz , Iran

کاربرد شبکه عصبی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی

آذین باقری[1]*، دکتر روزبه شاد[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سنجش از دور دانشگاه فردوسی مشهد، Bagheri.azin@gmail.com
2- عضو هیات علمی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، Rouzbeh_shad@yahoo.com

چکیده

شناسایی، پیشگیری و کنترل زمین لغزش، یکی از اهداف بزرگ کشورهایی است که متحمل خسارات اقتصادی و انسانی بسیاری از این پدیده شده‌اند. در این راستا و با توجه به اینکه شمال تهران، در معرض مخاطرات طبیعی همچون زمین لرزه و سیل می‌باشد و همچنین افزایش روز افزون جمعیت در ناحیه مذکور، آسیب پذیری لرزه‌ای در ناحیه نام برده افزایش یافته است. لذا در تحقیق حاضر این پهنه مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور با توسعه علم سنجش از دور و اطلاعاتی که از تصاویر ماهواره‌ای قابل استخراج هستند، می‌توان مناطقی که احتمال وقوع زمین لغزش در آن نقاط بیشتر است را شناسایی نمود. بنابراین در این تحقیق پس از تعریف مدل مفهومی، پارامترهای تاثیر گذار در رابطه با هدف، شناسایی شدند. در این راستا داده‌هایی همچون: نقشه شیب، زمین‌شناسی، توپوگرافی، گسل، خاک، پوشش گیاهی، سنگ‌شناسی، نقشه زمین لغزش منطقه مطالعاتی، کاربری زمین، خطواره‌ها، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه به‌کار گرفته شدند که برخی از این داده‌ها، از تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده و سایر آن‌ها از سازمان‌های مربوطه تهیه گردیدند. نقشه‌های نام برده در نرم افزار ArcGIS آماده شده، سپس با اتخاذ روش شبکه عصبی مصنوعی، به هر یک از پارامترهای مذکور وزنی اختصاص داده شد، که هر یک از اوزان بیانگر میزان تاثیرگذاری هر لایه، در تعیین مناطق مستعد زمین لغزش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زمین لغزش، تصاویر ماهواره‌ای، سنجش از دور، سیستم اطلاعات مکانی، شبکه عصبی

1- مقدمه

به حرکت لایه‌های رسوبی غیرمتراکم و متراکمی که بر روی سطح شیبدار ناپایدار شده‌اند زمین‌لغزش می‌گویند (شکل1). عوامل موثر در وقوع زمین لغزش را می‌توان به چند دسته تقسیم نمود؛ از جمله عوامل فیزیکی همانند بارندگی شدید، فوران آتشفشان و زلزله، عوامل طبیعی از جمله حذف پوشش گیاهی و عوامل انسانی مانند جنگل زدایی، حفاری دامنه و معدن‌کاری. زمین‌لغزش در نقاط مختلف ایران، به‌عنوان یک بلای طبیعی، سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی را به کشور وارد می‌سازد. اگر برای بلایای طبیعی دیگر، احتمال وقوع هر از چندگاهی قائل شویم، پتانسیل وقوع پدیده لغزش در کشور را باید هر لحظه در نظر گرفت. این پدیده همه ساله در اکثر استان‌های کشور موجب خسارت‌های اقتصادی به راه‌ها، خطوط آهن، خطوط انتقال نیرو و ارتباطات، کانال‌های آبیاری و آبرسانی، تأسیسات معدنی، تأسیسات استخراج، پالایش نفت و گاز، شبکه شریان‌های حیاتی داخل شهرها، کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، سدها و دریاچه‌های مصنوعی و طبیعی، جنگل‌ها و مراتع و منابع طبیعی، مزارع و مناطق مسکونی و روستاها گشته یا آن‌ها را مورد تهدید قرار می‌دهد [1].

شکل1: پدیده زمین لغزش [1].

با توجه به اینکه گستره وسیعی از خاک ایران زمین با پدیده زمین لغزش درگیر است (شکل2)، شناسایی مناطق مستعد و اعمال نگرش‌های کارآمد، منجر به کاهش و پیشگیری خسارات احتمالی می‌گردد. لذا در این راستا و در تحقیق حاضر هدف، پهنه‌بندی این مناطق به کمک علم سنجش از دور و GIS[1] می‌باشد. امروزه سنجش از دور و GIS، کاربردهای بسیاری در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع طبیعی، توسط دولت پیدا کرده است. لازم به ذکر است که در این تحقیق هدف از به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای، به دست آوردن نقشه‌های مورد نیاز همچون: نقشه شیب، پوشش گیاهی، کاربری زمین و خطواره‌ها و گسل می‌باشد. داده‌های مذکور، در محیط نرم افزارهای ENVI[2] و ArcGIS پردازش می‌شوند. سایر نقشه‌ها همانند: نقشه سنگ-شناسی، زمین‌شناسی، نقشه پهنه بندی زمین لغزش در محدوده مطالعاتی، خاک و سایر نقشه ها، از سازمان‌ها و ارگان‌های وابسته تهیه می‌گردند.

2- مروری بر تحقیقات گذشته

در رابطه با پهنه بندی زمین لغزش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و علم سنجش از دور و همچنین وزن دهی به فاکتورها، تاکنون تحقیقات بسیاری انجام شده است، که در این قسمت برخی از تحقیقات و پژوهش‌های مشابه ذکر می‌گردند.

در سال 2015، تحقیقی توسط Oikonomidis و همکارانش، تحت عنوان پتانسیل‌یابی مناطق مستعد آب زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور و GIS صورت گرفت [2].

در سال 2014، Shahabi و همکارانش، به بررسی و تحلیل روش‌های AHP[3] ، FR[4] و LR[5] در زمینه پتانسیل‌یابی زمین لغزش در استان آذربایجان (در ایران) پرداختند. در این راستا 8 فاکتور از جمله: شیب، سنگ‌شناسی، فاصله از جاده، بارندگی و نظیر آن به‌کار گرفته شدند. در ادامه و به منظور آماده‌سازی، اطلاعات وارد محیط GIS شدند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای+ Landsat ETM و SPOT استفاده شده است. در این راستا لیتولوژی و شیب تاثیرگذارترین فاکتورها بودند [3].

[1] Geographic Information Systems
[2] Environment for Visualizing Images
[3] Analytical Hierarchy Process
[4] Frequency Ratio
[5] Logistic Regression

طی تحقیقی که توسط Pahlavan و همکارانش در سال 2013 صورت گرفت، مدلی برای مکان‌یابی آب‌های زیرزمینی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و GIS تعیین شد. منطقه مطالعاتی شهرستان کرمان در کشور ایران می‌باشد. منابع آبی این منطقه به دو دسته آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی تقسیم می‌شوند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای Terra و سنجنده Aster به منظور تولید مدل رقومی ارتفاعی منطقه، استفاده شده است. تصاویر محیط نرم افزار ENVI 4.7 مورد پردازش قرار گرفته‌اند. سپس این مدل به منظور تولید نقشه شیب وارد نرم‌افزار ArcGIS 9.3 شده است. لازم به ذکر است که داده‌های مورد استفاده شامل: نقشه زمین‌شناسی، پوشش زمین، شیب، بارش، گسل‌های منطقه و داده‌های ایستگاه هواشناسی (طی دوره 10ساله)، می‌باشند که در محیط GIS آماده شده‌اند. در این راستا هر یک از داده‌ها به عنوان یک لایه وارد محیط ArcGIS شده و براساس روش وزن‌دهی سلسله مراتبی، وزنی را به خود اختصاص داده‌اند. در تحقیق انجام شده مدل هم‌پوشانی وزن‌دار برای تعیین مناطق دارای آب زیرزمینی به‌کار گرفته شده است. این مدل به 4 کلاس تقسیم شده که بیانگر پتانسیل‌های آب-های زیرزمینی ناحیه مطالعاتی هستند [4].

در سال 2012، تحقیقی مبنی بر کاربرد رگرسیون بهینه چند متغیره، در پایش زمین لغزش با تصاویر ماهواره‌ای توسط Zhang و همکارانش صورت گرفت [5].

در سال 2012، مناطق مستعد آب زیرزمینی، با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی توسط Magesh و همکارانش شناسایی شدند. منطقه مطالعاتی در کشور هندوستان قرار دارد. از جمله این فاکتورها می توان به نقشه خطواره‌ها، تراکم زهکشی، شیب، زمین‌شناسی، نقشه کاربری، شدت و میزان بارش و بافت خاک اشاره نمود. تحقیقات نشان می‌دهند که با تغییر فاکتورهای استفاده شده در تعیین مناطق دارای آب زیرزمینی نتایج متفاوتی نیز حاصل خواهد شد. در این راستا نقشه-های مذکور با استفاده از تکنیک MIF وزن‌دهی گردیدند. همچنین نقشه پایه منطقه مطالعاتی، از روش نقشه برداری زمینی و در مقیاس1:50000 به‌دست آمده است. در نهایت با روی‌هم‌گذاری وزن‌دار لایه‌های اطلاعاتی، نقاط دارای پتانسیل آبی در منطقه استخراج شدند. منطقه مطالعاتی از نظر حجم آب زیرزمینی، به 4 کلاس "خیلی ضعیف"، "ضعیف"، "خوب" و "خیلی خوب" تقسیم گردید [6].

طی تحقیق که در سال 2011، توسط Guoqing و همکارانش تحت عنوان تجزیه و تحلیل خطر زمین لغزش در منطقه Miyun (بر اساس RS و GIS) صورت گرفت، با استفاده از تصاویر ماهواره فاکتورهایی همچون بارندگی، نوع خاک، پوشش گیاهی، کاربری زمین، ارتفاع و شیب به عنوان فاکتورهای تاثیرگذار شناسایی شدند. به منظور وزن‌دهی به معیارها از روش AHP استفاده شد و در نهایت منطق مطالعاتی به 5 ناحیه تقسیم گردید [7].

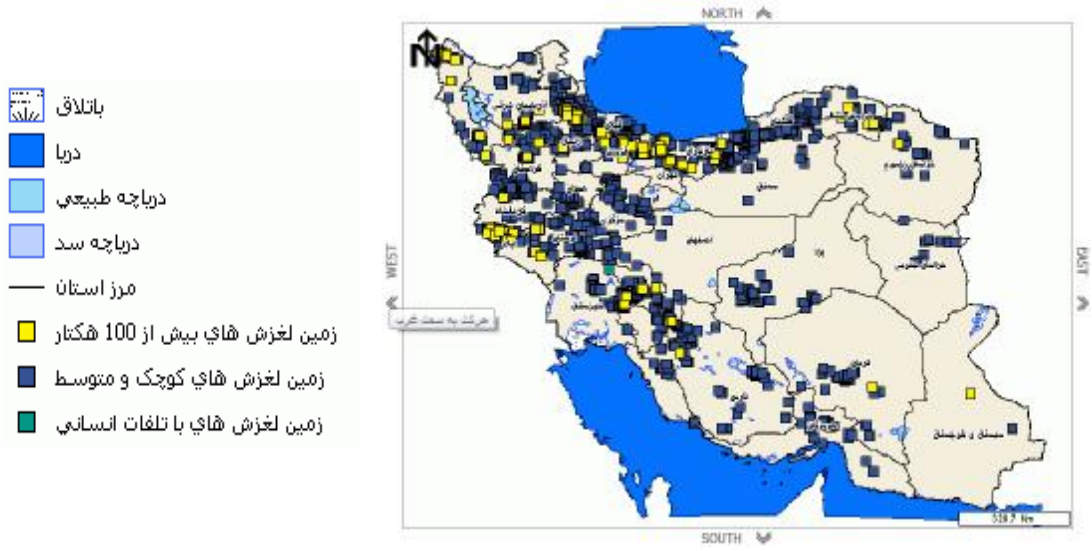
در سال 2009، تحقیقی توسط Abdolkhani و همکارش به منظور شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش صورت گرفت که در آن نیز از داده‌های سنجش از دور و تکنینک GIS برای استخراج لایه‌های مورد نیاز استفاده شد. منطقه مطالعاتی حوضه آبخیز منشاد در جنوب غربی یزد واقع شده بود. برای تهیه نقشه پتانسیل خطر زمین لغزش لایه‌های زیر آماده و وارد محیط نرم افزار ArcGIS 9.2 شدند به منظور وزن‌دهی از روش AHP استفاده گردید. در نهایت فاکتورهای شیب، سنگ شناسی و کاربری اراضی به عنوان مهمترین عوامل موثر در وقوع لغزش در منطقه انتخاب گردیدند [8].

در تحقیقی که در سال 2009 انجام شد، Matkan و همکارانش پژوهشی تحت عنوان مدل‌های منطق فازی و سنجش از دور جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز لاجیم انجام دادند که در آن فاکتورهای موثر شامل: زمین شناسی، خاک شناسی، ارتفاع، جهت شیب، شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش گیاهی و کاربری اراضی انتخاب شدند. لازم به ذکر است که در این تحقیق، مدل گامای 0/7 فازی و مدل میانگین وزنی مرتب شده فازی مورد استفاده قرار گرفتند [9].

در تحقیقی که در سال 2007 در منطقه Selangor در کشور مالزی صورت گرفت، Biswajeet و همکارانش میزان خطر و موقعیت زمین لغزش را به کمک داده‌هایی همچون تصاویر نوری سنجش از دور، سیستم اطلاعات مکانی، داده‌های فتوگرامتری هوایی و نقشه‌برداری زمینی، به‌دست آوردند. در این راستا عکس‌های هوایی با مقیاس 1:25000 و 1:50000، که

طی سال‌های 1981 تا 2000 جمع‌آوری شده بودند، برای تعیین مناطق مستعد به کار گرفته شدند. در ادامه 10 فاکتور تاثیرگذار در زمین‌لغزش شناسایی شدند که شامل: شیب، توپوگرافی، سنگ‌شناسی، پوشش زمین و نظیر آن می‌باشند. به منظور اجرای مدل شبکه عصبی، دو بخش مستعد زمین‌لغزش و غیر مستعد زمین‌لغزش در نظر گرفته شده و بر این اساس و با کمک بررسی‌های انجام شده طبقه‌بندی انجام گردید سپس با بدست آوردن وزن هر فاکتور، منطقه به 4 بخش با دقت 82/92 درصد تقسیم‌بندی شد. طبق نتایج بدست آمده، در کاربرد زمین لغزش، شیب بیشترین نقش را نسبت به سایر فاکتورها داراست [10].

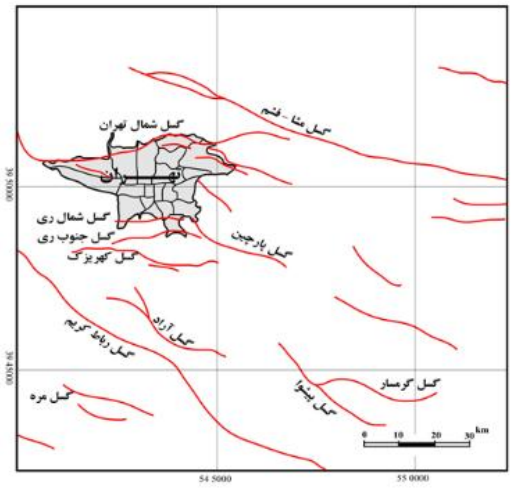
3- مواد و روش‌ها



شکل2: نقشه زمین لغزشهای ایران [11].

3-1- منطقه مطالعاتی

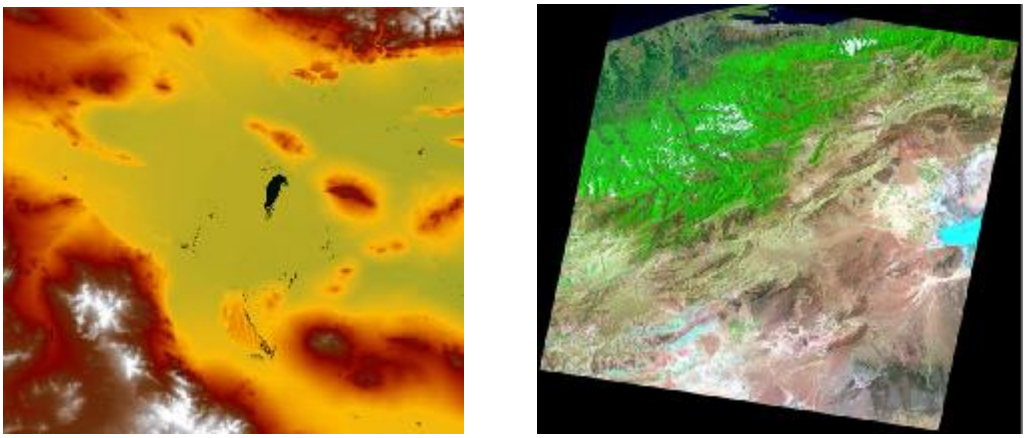
در تحقیق پیش‌رو منطقه مطالعاتی، گستره شمال تهران در مناطق باغ شاطر، سوهانک، تجریش، فرحزاد و ازگل و دارآباد و دره کن انتخاب شده است. از آنجایی که گسل شمال تهران (شکل3)، یکی از گسل‌های حادثه خیز این منطقه می‌باشد، در صورت وقوع زلزله نواحی مذکور خسارات بسیاری را متحمل خواهند شد، ضمن اینکه ساخت و ساز برجها در سال‌های اخیر با تجاوز به حریم رودخانه ولنجک، پتانسیل وقوع سیل در این راستا را افزایش داده است. ساخت و ساز در شیب های تند در شمال تهران و دامنه زمین لغزشی در حال انجام است. از طرفی در سخت‌ترین مناطق کوه‌پایه‌ای (از نظر رفت و آمد) در ازگل و دارآباد امکان آمد و شد معمولی مشکل شده و این در حالی است که مناطق مذکور همگی در معرض خطر رخداد زمین لغزش قرار دارند. با توجه به مطالب ذکر شده پیش‌بینی نقاط مستعد زمین لغزش می‌تواند منجر به مدیریت صحیح در حوزه‌های مختلف، به منظور کاهش خسارات اقتصادی و انسانی (در صورت وقوع این پدیده) گردد.



شکل 3: نقشه گسل‌های تهران [11].

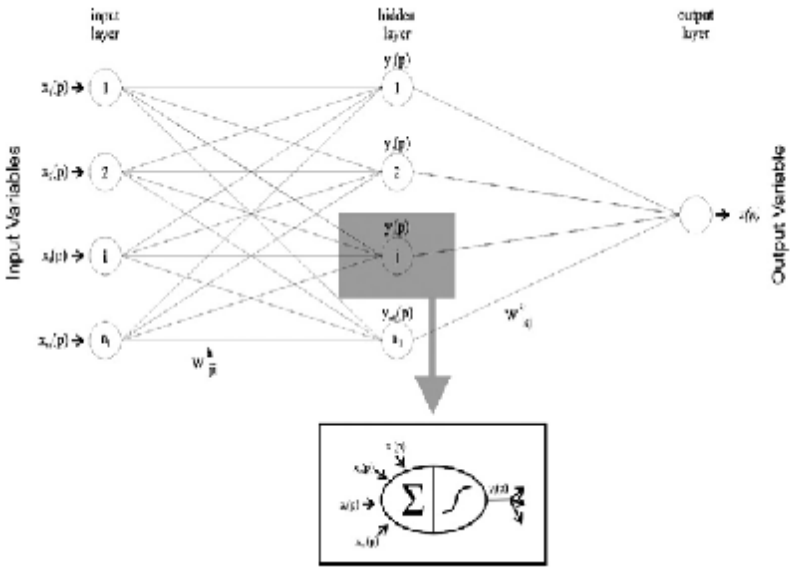
3-2- داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

در تحقیق حاضر داده‌های موجود از دو روش به دست آمده‌اند. برخی داده‌ها همچون: نقشه شیب، پوشش گیاهی، کاربری زمین، توپوگرافی و خطواره‌ها از تصاویر ماهوارهای Landsat TM و ماهواره SRTM و سایر نقشه‌های کاربردی همانند: نقشه سنگ‌شناسی در مقیاس 1:25000، زمین‌شناسی در مقیاس 1:25000، نقشه پتانسیل‌یابی زمین لغزش، لایه خاک، گسل، داده فاصله از رودخانه و جاده از ارگان‌های وابسته تهیه شده است (شکل4). در این قسمت ابتدا نقشه‌های به دست آمده از سازمان - های مربوطه، رستری می‌شوند، سپس به فرمت Shape file تبدیل شده، در این راستا هر یک از نقشه‌ها بایستی Ready GIS و زمین مرجع گردیدند. همچنین تصحیحات هندسی و رادیومتریکی نیز بر روی تصاویر ماهواره‌ای، اعمال شدند. لازم به ذکر است که نرم افزار ENVI ، به منظور پردازش تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شد و برخی نقشه‌ها از نرم افزار ArcGIS استخراج شدند. در نهایت تمامی داده‌ها با فرمتی مشابه، به عنوان داده‌های ورودی وارد شبکه عصبی شدند. به منظور وزن‌دهی از نرم افزار متلب، استفاده می‌شود.



شکل4: تصویر سمت راست، تصویر ماهواره Landsat TM از تهران، تصویر سمت چپ، تصویر ماهواره SRTM از تهران [12].

از بین روش‌های گوناگون وزن‌دهی، شبکه عصبی به عنوان روش وزن‌دهی انتخاب گردید. شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)[1] سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوینی برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده هستند (شکل5). ایده اصلی این گونه شبکه‌ها الهام‌گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی، برای پردازش داده‌ها و اطلاعات، به منظور یادگیری و ایجاد دانش می‌باشد. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی به نام نورون، تشکیل شده است که برای حل یک مسأله هماهنگ (با هم) عمل نموده و توسط سیناپس‌ها اطلاعات را منتقل می‌کنند. این شبکه‌ها قادر به یادگیری‌اند، مثلا با اعمال سوزش به سلول‌های عصبی لامسه، سلول‌ها یاد می-گیرند که به طرف جسم داغ نروند. با این الگوریتم سیستم می‌آموزد که خطای خود را اصلاح کند. یادگیری در این سیستم‌ها به صورت تطبیقی صورت می‌گیرد، یعنی با استفاده از مثال‌ها وزن سیناپس‌ها به گونه‌ای تغییر می‌کند که در صورت دادن ورودی‌های جدید، سیستم پاسخ درستی را تولید کند. شبکه‌های عصبی برای تخمین و تقریب کارایی بسیار بالایی از خود نشان داده‌اند. گستره کاربرد این نوع از مدل‌های ریاضی (برگرفته از عملکرد مغز انسان)، بسیار وسیع می‌باشد. به عنوان چند نمونه کوچک می‌توان استفاده از این ابزار ریاضی را، در پردازش سیگنال‌های بیولوژیکی، مخابراتی، نجوم و فضانوردی نام برد. از مزایای شبکه‌های عصبی می‌توان به یادگیری تطبیقی، خود سازماندهی، عملگرهای بی‌درنگ، تحمل خطا، دسته بندی، تعمیم دهی و پایداری- انعطاف پذیری اشاره نمود [13].

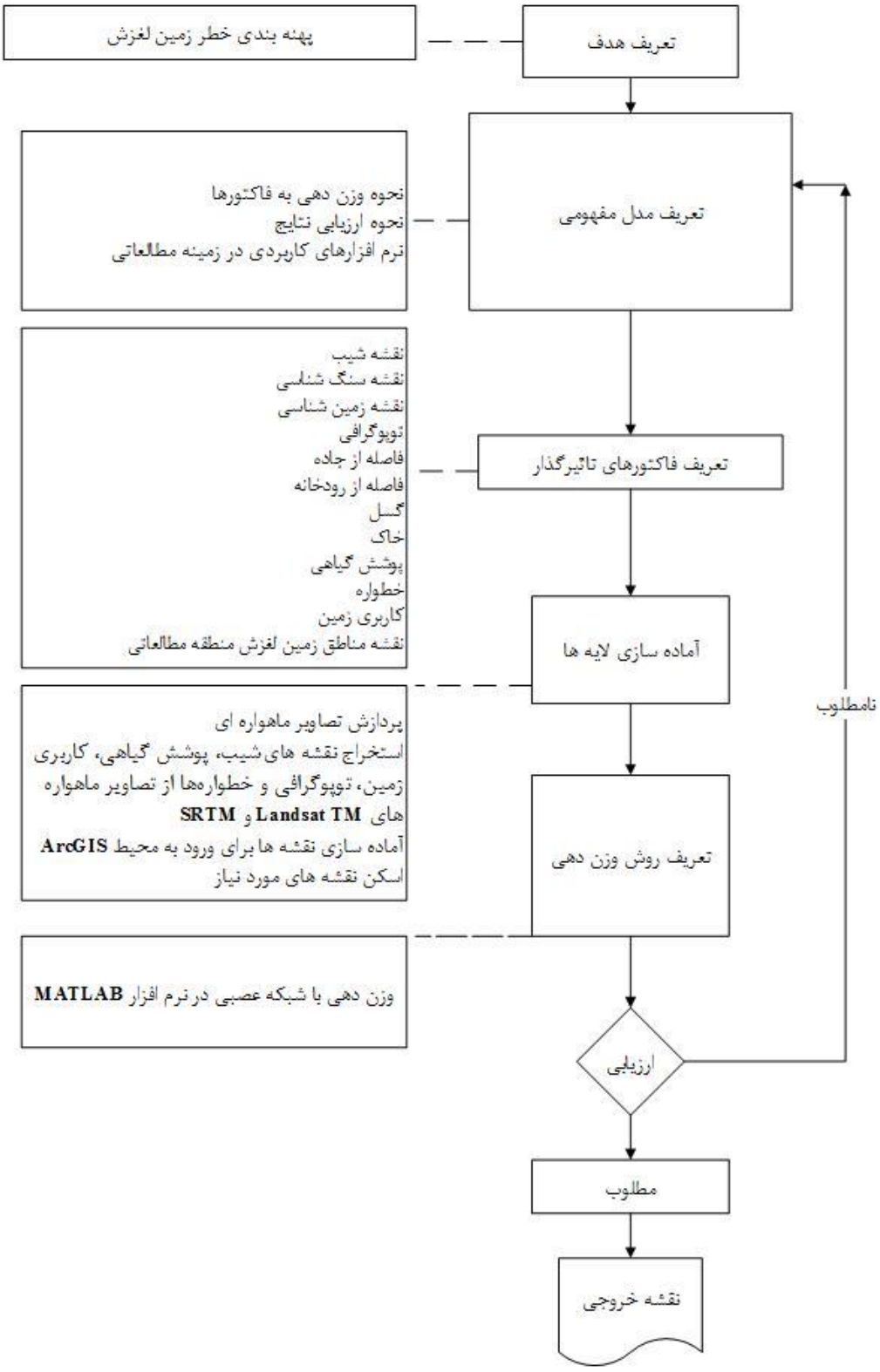


شکل 5: معماری شبکه عصبی مصنوعی

در تحقیق پیش‌رو مراحل وزن‌دهی بدین ترتیب است که، ابتدا به هر یک از معیارها وزنی دلخواه داده می‌شود و خروجی کار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، سپس با تغییر اوزان، شبکه آموزش می‌بینند. فرآیند وزن‌دهی تکرار می‌شود، تا زمانیکه بین نقشه به‌دست آمده و نقشه موجود اختلاف قابل قبولی وجود داشته باشد.

فلوچارت تحقیق حاضر در شکل 6 مشخص شده است.

[1] Artificial Neural Network



شکل6: فلوچارت

4- نتیجه‌گیری

در این تحقیق پهنه‌بندی زمین لغزش در شمال تهران مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در این راستا از داده‌هایی همچون تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های متنوع استفاده شد. مقایسه نتایج به دست آمده با سایر نتایج حاصل از تحقیقات مشابه محققین، بیانگر مناسب بودن روش شبکه عصبی در مقایسه با سایر روش‌های وزن‌دهی از جمله AHP می‌باشد، چرا که این روش اگر چه روشی ساده و مستند است، اما احتمال اشتباه نمودن کارشناسان در تعیین وزن فاکتورهای موثر وجود دارد، بنابراین روش شبکه عصبی با توجه به مزایایی که دارد روشی مناسب (به منظور وزن دهی به فاکتورها) در تحقیق حاضر شناخته شده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در صورت وقوع زمین لغزش با توجه به عبور گسل شمال تهران از ناحیه مطالعاتی و احتمال وقوع سیل در این ناحیه، همچنین ساخت و سازهای بی‌شماری که در حریم رودخانه رخ داده است، خسارات مالی و جانی بسیاری را در پی خواهد داشت. بنابراین بهره‌گیری از نقشه پهنه بندی زمین لغزش در منطقه مطالعاتی، می‌تواند منجر به کاهش خسارات اقتصادی و انسانی شده و از طرفی با شناسایی مناطق مستعد و همچنین جلوگیری از ساخت و ساز و فعالیت در مناطق پر خطر می‌توان جلوی هدر رفتن سرمایه‌های هنگفت مادی (به منظور عملیات ترمیم و بازسازی) را گرفت و در نتیجه در مناطق امن سرمایه‌گذاری کرد. در این راستا شیب و کاربری اراضی و سنگ‌شناسی مهمترین فاکتورها در وقوع لغزش در شمال تهران انتخاب گردیدند.

به منظور توسعه طرح پیشنهادی، تلفیق شبکه عصبی و استنتاج فازی، به منظور بیان دانش به صورت زبانی و قابل فهم، پیشنهاد می‌گردد. همچنین استفاده از داده‌های هواشناسی و لایه بارندگی، به عنوان داده‌های تاثیرگذار در شناسایی مکان‌های مستعد زمین لغزش پیشنهاد می‌شود.

مراجع

[1] www.landslide.ir

[2] Oikonomidis D, Dimogianni S, Kazakis N & Voudouris K. A gis/remote sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in tirnavos area, greece. Journal of Hydrology, 2015.

[3] Shahabi H, Khezri S, Ahmad B & Hashim M. Landslide susceptibility mapping at central Zab basin, Iran: A comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models. Catena, 115: 55-70, 2014.

[4] پهلوان، ا.، اسماعیلی، ع.، هنرمند، م. مدل‌سازی مکان‌یابی آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل AHP ، داده‌های سنجش از دور و GIS، دومین کنفرانس بین المللی مدل‌سازی گیاه، خاک، آب و هوا، کرمان، 1392.

[5] Zhang W, Wang W & Wu F. The application of multi-variable optimum regression analysis to remote sensing imageries in monitoring landslide disaster. Energy Procedia, 16: 190-196, 2012.

[6] Magesh NS, Chandrasekar N, Soundranayagam JP. Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques. Geoscience Frontiers, 3(2): 189-196, 2012.

[7] Guoqing Y, Haibo Y, Zhizong T & Baosen Z. Landslide Risk Analysis of Miyun Reservoir Area Based on RS and GIS. Procedia Environmental Sciences, 10: 2567-2573, 2011.

[8] عبدالخانی، ع.، جمالی، ع. کاربرد GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی خطر زمین لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل موثر در ایجاد لغزش، همایش ژئوماتیک 88، تهران، 1388

[9] متکان، ع.، سمیعا، ج.، پورعلی، ح.، صفایی، م. مدل‌های منطق فازی و سنجش از دور جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز لاجیم، 1388.

[10] Biswajeet P, Saro L. Utilization of optical remote sensing data and GIS tools for regional landslide hazard analysis using an artificial neural network model. Earth Science Frontiers, 14(6): 143-151, 2007.

[11] www.ngdir.ir

[12] www.glcf.umd.edu

[13] w ww.fa.wikipedia.org