

# مقایسه روش‌های فرآیند سلسله مراتبی، ترکیب خطی-وزنی، تحلیل فرآیند سلسله مراتبی فازی در مکان‌یابی محل مناسب جهت دفن پسماندهای جامد شهری (ناحیه مورد مطالعه: شهر رامهرمز)

منوچهر چیت‌سازان<sup>۱</sup>، فاطمه دهقانی<sup>۲\*</sup>، سید یحیی میرزایی<sup>۳</sup> و فاطمه راست‌منش<sup>۴</sup>

۱- دکترای هیدروژئولوژی، عضو هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز [fatemehydro89@gmail.com](mailto:fatemehydro89@gmail.com)

۳- دکترای هیدروژئولوژی، عضو هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دکترای زیست محیطی، عضو هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۲۰

## چکیده

یکی از پتانسیل‌های مهم و در حال رشد در بسیاری از مناطق بزرگ شهری، کمبود زمین برای دفع زباله می‌باشد. سایت‌های دفن زباله ممکن است دارای اثرات منفی اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی باشند. بنابراین لازم است این مناطق با در نظر گرفتن مقررات و محدودیت‌های موجود انتخاب گردند. انتخاب عوامل مختلف منجر به ایجاد تنوع از لایه اطلاعاتی می‌گردد. لذا سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> با توجه به توانایی در مدیریت حجم عظیمی از داده‌ها با منابع مختلف برای این امر مناسب می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق تعیین محل مناسب برای دفن زباله با تاثیر کمتر بر محیط زیست می‌باشد، لایه‌های اطلاعاتی و نقشه‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل، نقشه‌های شیب، کاربری زمین، خاک، عمق آب زیرزمینی و لایه‌های مربوط به فاصله از مراکز تولید زباله (رامهرمز)، مراکز جمعیت (روستا)، منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه)، شبکه جاده‌ها می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که شرایط اعمال شده در روش فرآیند سلسله مراتبی<sup>۲</sup>، با توجه به عدم محدودیت‌های قطعی که در آن اعمال می‌شود، از عدم اطمینان کمتری برخوردار می‌باشد و مناطق مکان‌یابی شده نسبت به روش‌های مبتنی بر منطق ترکیب خطی-وزنی<sup>۳</sup> فرآیند سلسله مراتبی فازی<sup>۴</sup> دارای تعداد پارامتر بیشتری می‌باشد. اما در بررسی ترکیب خطی-وزنی و فرآیند سلسله مراتبی فازی مشخص گردید که روش ترکیب خطی-وزنی علی‌رغم سادگی دارای معایبی می‌باشد، از جمله اینکه در این روش نسبت به فرآیند سلسله مراتبی فازی مناطق زیادی مکان‌یابی می‌گردند که ممکن است مناسب نباشد. منطق فرآیند سلسله مراتبی این قدرت را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که عوامل مهمتری را که از نظر کارشناسی وی مسئله مکان‌یابی را بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهند با همان اهمیت در مسئله قرار دهد. در اثر این برتری، نتیجه حاصل از مکان‌یابی به روش فرآیند سلسله مراتبی فازی دارای قدرت تفکیک بهتری بین طیف‌های موجود می‌باشد.

کلید واژه‌ها: سیستم اطلاعات جغرافیایی، رامهرمز، فرآیند سلسله مراتبی، ترکیب خطی-وزنی، تحلیل فرآیند سلسله مراتبی فازی

A Comparative Study of Analytical Hierarchy Process (AHP), Weighted Linear Combination (WLC) and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Methods in Site Selection of Urban Waste Landfill (Case Study: Ramhormoz City)

M. Chitsazan<sup>1</sup>, F. Dehghani<sup>2\*</sup>, S. Y. Mirzaiee<sup>3</sup> and F. Rastmanesh<sup>4</sup>

1-Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

2- M.Sc. Student, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

1- GIS

2- Analytical Hierarchy Process

3- Weighted Linear Combination

4- Fuzzy Analytic Hierarchy Process

3- Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

4- Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

Received: 10 July 2012

Accepted: 15 Jun. 2013

### Abstract

One of the serious and growing potential in most large urban areas is the shortage of land for waste disposal. An inappropriate landfill site may have negative environmental, economic and ecological impacts. Therefore, it should be selected carefully by considering both regulations and constraints on there source. Choosing different factors leads to diversity in data layers and Geographic Information System (GIS) is very suitable due to the ability to manage huge volumes of data with different sources. The main aim of this research is to determine a suitable landfill site with less impact on environment For this purpose, the following data layers and maps have been utilized in this study, maps of slope, use land, soil, the depth of groundwater and the layers related to the distance from centers of waste generation (Ramhormoz), Population centers (village), surface water sources, underground water source (well, Spring), road network. The results of present research represents that the conditions in Analytical Hierarchy process(AHP) method has less certainty and the lack of definite limitations in this method, the sites selected according to Weighted Linear Combination(WLC) and Fuzzy-AHP (FAHP) have more parameters. However in studing the WLC and FAHP methods applied in this study, it was revealed that although WLC is simple, it has deficiencies; this method will locate many areas that may not be suitable, meanwhile FAHP, by ordered weights, offers this chance to the decision marker to include more important subjects which have greater role in site selection. Regarding to this ability, the result of site selection by FAHP has better resolution.

**Key words:** GIS, Ramhormoz, Analytical Hierarchy process, Weighted Linear Combination, Fuzzy Analytic Hierarchy Process

### مقدمه

آبیاری، فاصله از خطوط حمل و نقل و راه آهن، فاصله از مکان‌های باستانی، فاصله از مناطق شهری، نقشه کاربری اراضی و شیب زمین، به عنوان محدودیت انتخاب شدند. در پایان تجزیه و تحلیل سه منطقه را برای دفن پسماند شهرستان کامرا از توابع شهر مقدونیه ترکیه پیشنهاد نمودند. در ایران نیز تحقیقات متنوعی در زمینه مکان یابی به خصوص دفن زباله انجام گرفته است. بیدختی و منجی (۱۳۷۱) به بررسی مسائل مربوط به جمع آوری وضع زباله در شهر شیراز، بنائی (۱۳۷۹) به بررسی اثر محل دفن زباله کهریزک بر آلودگی آب‌های زیرزمینی مجاور و شمسایی فرد (۱۳۸۳) به مکان یابی محل دفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند، همچنین مجلسی و دامن افشان (۱۳۸۸) مکان یابی دفن پسماندهای شهری شهرستان دزفول را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند که در نهایت بهترین گزینه در مسیر دزفول به شوشتر در نزدیکی جاده ماهور برنجی واقع در ۱۶ کیلومتری شرق دزفول انتخاب شد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (فرآیند سلسله مراتبی) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (برتولی و بیگلیا، ۲۰۰۶). این روش ارزیابی چند

زباله نتیجه طبیعی زندگی جوامع بشری بوده و خطرات زیست محیطی ناشی از سوء مدیریت مواد زائد جامد یکی از مشکلات اساسی کشور می‌باشد. مسأله مدیریت پسماندها نیازی است که با توجه به رشد روز افزون جمعیت، فناوری، صنعت و در نهایت افزایش تولید پسماندها، احساس می‌شود. نبود مدیریت پسماندها و یا مدیریت نادرست آن می‌تواند سلامت انسان و محیط زیست را به مخاطره اندازد. دفن پسماندها هر چند در نگاه اول راهکاری ناپسند به نظر می‌رسد، ولی با توجه به اینکه این راهکار قبول کننده طیف وسیعی از پسماندها می‌باشد و همچنین هزینه پائین‌تر این روش در مقایسه با سایر روش‌ها، دفن پسماند هنوز یکی از متداول‌ترین راهکارهای مدیریتی در سطح دنیا می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل توانایی مدیریت حجم عظیمی از اطلاعات با منابع متفاوت، در این خصوص بسیار مناسب می‌باشد (سینر و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). نس و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) در پژوهشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی چند معیاره<sup>۳</sup> به مکان یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری در شهرستان کامرا ترکیه پرداختند، به این منظور هشت لایه ورودی فاصله مناسب از چاه شهری، محلی و

1- Sener et al 2006

2- Nas et al 2010

3- MCDM

4- Bertolini and Beaglia, 2006

شیب در منطقه بین صفر تا ۶۰ درصد تغییر می‌کند ولی حدود ۹۰ درصد منطقه دارای شیب کمتر از ۵ درصد است. بر اساس ضریب آمبرژه منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه گرم - بیابانی با متوسط بارندگی ۳۰۰ میلی متر در سال می‌باشد. اراضی واقع در شمال غربی و جنوب شهر رامهرمز عمدتاً پست و دشتی می‌باشند و سطح ایستابی آب زیرزمینی در این بخش‌ها عمدتاً کم بوده و حتی در برخی نقاط به حدود یک متر از سطح زمین می‌رسد.

### تولید زباله در شهر رامهرمز

بر اساس سرشماری در سال ۱۳۸۵ شهر رامهرمز دارای ۵۰۷۷۷ نفر جمعیت می‌باشد که با احتساب نرخ رشد جمعیت دهه اخیر (رشد منفی) معادل ۲/۹۶- درصد، جمعیت آن در سال ۱۴۰۵ شمسی حدود ۸۹۳۰۰ نفر می‌گردد. لازم به ذکر است که محل دفن باید دارای عمری بین ۲۰ - ۱۵ سال باشد. حال با در نظر گرفتن سرانه تولید زباله ۸۰۰ گرم در روز، کل زباله تولیدی این شهر در طول ۲۰ سال حدود ۲۹۸۷۶۹ تن خواهد بود. این میزان زباله با احتساب ۲۵ درصد حجمی برای خاک پوششی مورد نیاز، در صورتی که در محل دفن با ارتفاع کلی ۱۰ متر دفع شود، زمینی حدود ۲۶ هکتار نیاز خواهد داشت. هم اکنون محل دفع زباله‌های شهری رامهرمز در اراضی تپه ماهوری واقع در ۳۰ کیلومتری رامهرمز (جاده رامهرمز - ماهشهر) است. محل دفع در محدوده ۱۷۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۹ درجه و ۶ دقیقه جنوبی قرار دارد. روش اصلی دفع زباله‌ها در این محل سوزاندن آن‌هاست. در واقع خاکستر باقیمانده سوزاندن زباله و پلاستیک حاوی تجمع غلیظی از مواد سرطان‌زای شناخته شده است که خاک و آب را آلوده می‌کند و در اثر وزش باد، هوا را نیز می‌آلودند. همچنین محل کنونی تا شهر فاصله زیادی دارد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. این دلایل مکان یابی محلی مناسب برای دفن زباله‌های جامد شهری را برای رامهرمز ضروری می‌سازد.

### عوامل موثر در مکان یابی محل دفن

به علت اینکه منطقه مورد مطالعه واقع در یک دشت آبرفتی است بررسی عوامل زمین شناسی مثل لرزه‌خیزی و تراکم شکستگی‌ها از فاکتورهای ضروری مورد بررسی به حساب نمی‌آید. عوامل زیر با توجه به تحقیقات پیشین و شناخت منطقه انتخاب شدند.

### هیدرولوژی و هیدروژئولوژی محل دفن زباله

پتانسیل اثر گذاری زباله‌ها بر روی کیفیت و اکولوژی آب‌های سطحی و زیرزمینی زیاد می‌باشد. جهت جلوگیری از آلودگی آب سطحی و زیرزمینی توسط شیرابه، مکان محل دفن زباله نبایستی در نزدیکی آب‌های سطحی و مناطق دارای منابع آبی تحت حفاظت و

معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ال ساتی برای بیان تصمیم‌گیری چند معیاره پیشنهاد شد (خورشید دوست و عادل، ۱۳۸۸). ویژگی اصلی این روش بر اساس قضاوت دوتایی است. پژوهش‌های انجام یافته نشان داده است که این روش با توجه به سادگی، انعطاف پذیری، به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان و نیز توانایی بررسی سازگاری در قضاوت‌ها، می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به مکان یابی کاربرد مطلوبی داشته باشد. منطق فازی نیز اولین بار توسط زاده<sup>۱</sup> (۱۹۶۵) برای بیان حالت زبانی فرایند تصمیم‌گیری به منظور حل قضاوت‌های مبهم، گنگ و نامشخص بشر (کیا و کهرمان<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰) مانند سیستم کنترل، برنامه ریزی و طراحی تولید (کنتاس و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵)، مکان یابی (سفری و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰) ارائه گردید. کاربرد توام منطق‌های فرآیند سلسله مراتبی و منطق فازی فرآیند سلسله مراتبی- فازی نامیده می‌شود که اولین بار توسط چانگ در سال ۱۹۹۲ ارائه شد (اونوت و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). تاکنون منطق فرآیند سلسله مراتبی فازی برای حل یا تأیید مسائل استدلالی ویژه نظیر مکان یابی محل احداث بیمارستان (وحیدینا و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۹)، شناسایی بهترین روش ساخت پل (نانگ فی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸) و ارزیابی مکان‌های دفن زباله (فرهودی و همکاران. ۱۳۸۴) استفاده گردیده است. هدف از مطالعه حاضر، معرفی و شناسایی معیارهای موثر در مکان یابی محل دفن پسماندها بر اساس تحقیقات پیشین و تعمیم آن به منطقه مورد مطالعه و هدف اصلی اعمال انواع عملیات تحلیل‌های مکانی، با بهره‌گیری از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی، منطق فازی و نرم افزار Expert choice و ارائه بهترین روش به منظور مکان یابی محدوده‌های بهینه با حداقل اثر سوء زیست محیطی برای دفن پسماندهای شهر رامهرمز می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

دشت رامهرمز در جنوب غربی ایران در ۹۰ کیلومتری شرق شهرستان اهواز، با مساحت ۹۵۰ کیلومتر مربع در مسیر اصلی اهواز - بهبهان بین عرض‌های جغرافیایی ۳۱° ۴۱' و ۳۱° ۳۱' و طول‌های جغرافیایی ۴۹° ۴۶' و ۴۹° ۴۹' درجه شرقی واقع شده است. بیشترین ارتفاع منطقه در شرق محدوده مطالعاتی با ارتفاع ۲۷۶ متر و کمترین ارتفاع در شمال محدوده مطالعاتی با ارتفاع ۳۰ متر می‌باشد.

- 1- Zadeh, 1965
- 2- Kaya et al 2010
- 3- Kontos et al 2005
- 4- Safari et al 2010
- 5- Onut et al 2010
- 6- Vahidnia et al 2009
- 7- Nang-Fei, 2008

دیگر در اجرای پروژه انتخاب مکان مناسب جهت دفن بهداشتی پسماند در هر منطقه‌ای باید به جنبه‌های اقتصادی - اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی مسئله توجه کرد و با در نظر گرفتن این جنبه‌ها به انتخاب محل مناسب مبادرت نمود (متکان و همکاران، ۱۳۸۷).

### استاندارد سازی معیارها با استفاده از منطق فازی

معیارهای مذکور پس از رقومی شدن و ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی به نقشه‌های معیار تبدیل شدند. چون هر نقشه معیار یا هر خصیصه دارای محدوده و مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چند معیاری باید مقیاس اندازه‌گیری آن‌ها را با یکدیگر همخوان و متناسب کرد. برای همسان سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استاندارد سازی معیارها استفاده شد. در استاندارد سازی داده‌ها، کلیه مقادیر و ارزش‌های لایه‌های نقشه‌ای به دامنه یکسانی مثلاً بین صفر تا یک یا صفر تا ۲۵۵ تبدیل می‌شوند. فرآیند استاندارد سازی در روش فازی از طریق قالب بندی مقادیر و ارزش‌ها به شکل یک مجموعه عضویت عملی می‌گردد. در این حالت بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی عدد صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد. این عملیات در محیط ARCGIS10 انجام گرفت. جدول (۱) نام و نوع معیار، مقادیر آستانه و نوع تابع فازی، جهت استاندارد سازی نقشه‌های معیار در منطق فازی را نشان داده است. البته استاندارد سازی لایه‌های کیفی بافت خاک و پوشش گیاهی به نحو دیگری صورت می‌گیرد که در قسمت فرآیند فرآیند سلسله مراتبی به آن پرداخته می‌شود.

### فرآیند سلسله مراتبی

با توجه به اینکه هدف تحقیق حاضر انتخاب بهترین مکان ممکن جهت دفن مواد زائد جامد می‌باشد نیازمند ارزیابی مجموعه‌ای از گزینه‌ها بر اساس معیارهای مختلف می‌باشد. بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، مسأله بر اساس معیارهای لازم و تأثیرگذار، به اجزاء کوچک‌تر و سطوح مختلف تقسیم شد (شکل ۱). روش فرآیند سلسله مراتبی شامل مراحل اصلی زیر است (قدسی پور، ۱۳۸۵):

الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی: این مرحله یک مقایسه اساسی را با مقادیر یک تا نه برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار بکار می‌گیرد (جدول ۲) محاسبه وزن‌های معیار (ج) تخمین نسبت توافق (CR). میزان CR اگر از ۰/۱ کمتر باشد، مقایسه‌های انجام شده را پذیرفته و وزن‌های محاسبه شده، استخراج می‌گردند. در صورتی که نسبت توافق بیشتر از ۰/۱ باشد، آنگاه با اعمال تغییر آینه در ماتریس مقایسه دوتایی برای حد قابل قبول تنظیم می‌گردد. روش فرآیند سلسله مراتبی در نرم افزار Expert choice انجام می‌شود.

منابع آب زیرزمینی با کیفیت احداث شوند. به این منظور لایه‌های فاصله از منابع آب سطحی، فاصله از منابع آب زیرزمینی (چشمه و چاه) و عمق آب زیرزمینی مورد ملاحظه قرار گرفت.

### کاربری فعلی و آینده زمین محل دفن زباله

نوع پوشش گیاهی که تعیین کننده نوع کاربری زمین می‌باشد در مکان یابی محل دفن پسماندها مورد توجه قرار گرفت. به عنوان مثال نمی‌توان در مناطق مستعد کشاورزی، مراتع، چراگاه‌های دام، تالاب‌ها، مناطق ساحلی و نظایر آن محل دفن دایر نمود. همچنین در زمینه برنامه‌ریزی برای انتخاب محل دفن به کاربری‌های آینده آن باید توجه لازم معطوف گردد.

### عوامل اقتصادی

دیگر عوامل موثر در مکان یابی محل دفن عوامل اقتصادی می‌باشد که حدود ۱۵/۳ درصد از کل آثار مرتبط با مکان یابی و احداث یک محل را در بر می‌گیرند. به این منظور لایه‌های فاصله از جاده و شیب مورد ملاحظه قرار گرفتند.

### خاکشناسی

پرداختن به موضوع خاکشناسی در ملاحظات مربوط به طراحی عملیات مکان یابی و چگونگی حفاظت از آب‌های زیرزمینی و سطحی از ضرورت‌های اولیه به شمار می‌آید. به این منظور لایه بافت خاک تهیه شد.

### تأثیر اجتماعی

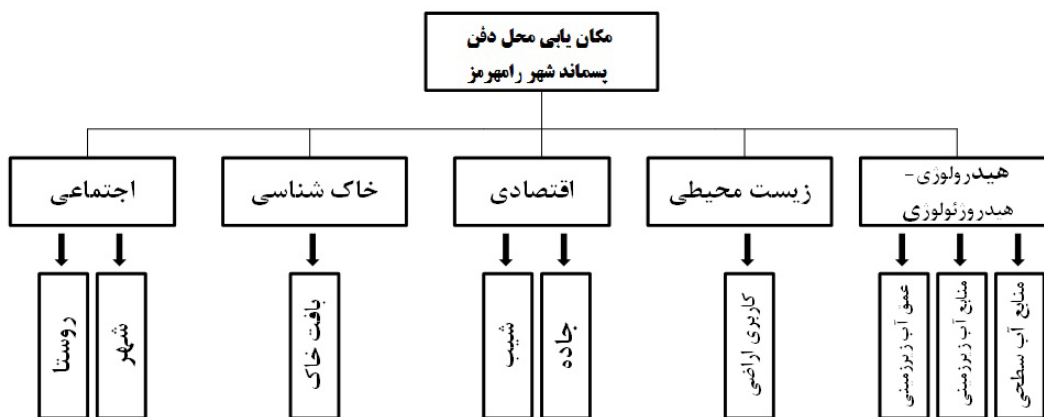
از لحاظ پارامترهای اجتماعی مناطق شهری، مناطق روستایی مورد بررسی قرار گرفتند. حتی الامکان باید سعی شود که محل دفن دور از انظار و مراکز جمعیتی واقع گردد به طوری که زیبایی ظاهری یک منطقه را خدشه‌دار ننموده و هیچ گونه مزاحمتی برای ساکنین اطراف ایجاد ننماید.

### روش کار

به منظور انجام این مطالعه که با هدف مکان یابی محل دفن زباله‌های شهری رامهرمز صورت گرفت، پارامترهای لازم و تأثیرگذار از جمله: فاصله از مرکز تولید (رامهرمز)، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از رودخانه، فاصله از منابع آب زیرزمینی (چشمه و چاه)، عمق آب زیرزمینی و عوامل زیست محیطی همچون کاربری اراضی (پوشش گیاهی)، عوامل اقتصادی چون فاصله از جاده و شیب و خاکشناسی منطقه شناسایی شد. جهت مکان یابی در سیستم‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌بایست عوامل موثر، معیارها و محدودیت‌ها به صورت لایه‌های نقشه تهیه شده و مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند. به عبارت

جدول ۱- حد آستانه و نوع تابع فازی جهت استاندارد سازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

نام معیار (لایه نقشه)	نقاط کنترل (مقادیر آستانه)		نوع تابع فازی	نام تابع فازی
	حداقل	حداکثر		
شیب (درصد)	۵	۴۰	کاهشی	Linear
فاصله از شهر (km)	۱	۷	افزایشی - کاهشی	Near
فاصله از آب‌های سطحی (m)	۲۵۰	۳۰۰۰	افزایشی	Linear
فاصله از جاده‌ها (m)	۵۰۰	۱۵۰۰	افزایشی - کاهشی	Near
فاصله از چشمه و چاه‌ها (m)	۳۰۰	۱۰۰۰	افزایشی	Linear
عمق آب زیرزمینی (m)	۱۰	۲۵	افزایشی	Linear



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی فرآیند سلسله مراتبی برای مکان یابی دفن پسماند

فرآیند سلسله مراتبی علاوه بر استفاده برای استاندارد سازی معیارهای کیفی، برای وزن دهی به معیارهای اصلی (هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، زیست محیطی، اقتصادی، خاکشناسی و اجتماعی)، و زیرمعیارها ( عمق آب زیرزمینی، منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی، پوشش گیاهی، جاده، شیب، بافت خاک، مراکز تولید زباله، مراکز جمعیتی) و رده‌های عمق آب زیرزمینی، فاصله از منابع آب سطحی و منابع آب زیرزمینی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از شهر و روستاها استفاده گردید. وزن‌های زیرمعیارها و جدول‌های مربوط به ضرایب اهمیت معیارهای اصلی و زیرمعیارها (جدول ۵) و رده بندی و ضرایب اهمیت رده‌های مربوط به زیر معیارها (جدول‌های ۶ و ۷) آورده شده است. از وزن‌های محاسبه شده معیارها و زیرمعیارها برای روش ترکیب خطی-وزنی و فرآیند سلسله مراتبی فازی و وزن‌های محاسبه شده رده‌ها برای روش فرآیند سلسله مراتبی استفاده گردید.

در نرم افزار Expert choice، هدف به عنوان اصلی‌ترین شاخه تحلیل سلسله مراتبی و معیارها به عنوان زیرشاخه هستند. تبدیل موضوع، یا مسئله مورد بررسی به ساختاری سلسله مراتبی، مهمترین قسمت فرآیند سلسله مراتبی محسوب می‌شود (کیمرن و همکاران، ۲۰۰۷)، زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی آن‌ها را به شکل ساده، که با ذهن و طبیعت انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می‌کند. باید توجه داشت که برای لایه‌های کیفی بافت خاک و پوشش گیاهی در ابتدا باید در نرم افزار choice Expert با مقایسه دوتایی زیر معیارها، وزن هر یک از آن‌ها را با رعایت مقدار ضریب ناسازگاری محاسبه کرده و سپس برای استاندارد سازی آن، وزن‌ها را نرمالایز کرده و در نهایت بر اساس آن، خروجی معیار برای مدل مذکور آماده گردید. ضرایب محاسبه شده برای معیارهای بافت خاک و پوشش گیاهی به ترتیب در جدول‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است. در این مطالعه از روش

## جدول ۲- درجه اهمیت در مقایسه دو دوئی در روش فرآیند سلسله‌مراتبی (ساتی، ۱۹۸۰)

تعریف	اهمیت برابر	اهمیت برابر تا متوسط	اهمیت متوسط تا قوی	اهمیت قوی تا بسیار قوی	اهمیت بسیار قوی تا العاده قوی	اهمیت فوق العاده قوی			
میزان اهمیت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

## جدول ۳- ضرایب اهمیت جهت استاندارد سازی لایه بافت خاک

ضریب اهمیت	بافت خاک
۰/۰۷۷	خاک کم عمق تا نیمه عمیق شور
۰/۰۹۷	خاک کم عمق تا نیمه عمیق که بر روی تجمع سنگریزه و مواد آهکی
۰/۱۴۸	خاک کم عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط تا سنگین همراه با سنگریزه
۰/۱۸۵	خاک کم عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط بر روی مواد ماری
۰/۱۸۷	خاک نیمه عمیق تا عمیق با بافت متوسط تا سنگین بر روی مخلوط مواد گچی و آهکی
۰/۲۷	خاک عمیق با بافت سنگین در بعضی قسمت‌ها دارای تمرکز طبقات آهکی
۰/۳۷	خاک عمیق با بافت سنگین اغلب بر روی تجمع مواد آهکی
۰/۵۹۱	خاک عمیق با بافت سنگین و شوری متوسط تا زیاد
۰/۶۶۷	خاک عمیق با بافت سنگین و بعضاً کمی شور
۱	خاک عمیق با بافت متوسط تا سنگین، خاک عمیق با بافت نسبتاً سنگین و بدون سنگریزه اغلب با تکامل پروفیلی، خاک نیمه عمیق تا عمیق با بافت سنگین و تکامل پروفیلی

## جدول ۴- ضرایب اهمیت جهت استاندارد سازی لایه پوشش گیاهی

ضریب اهمیت	نوع پوشش گیاهی (کاربری زمین)
۱	مرتع کم تراکم
۰/۵۴۵	مرتع نیمه متراکم - زراعت دیم
۰/۱۶	مرتع متراکم - زراعت آبی و باغات - بیشه زار و درختچه زار و جنگل دشت کشت
۰/۱۰۳	جنگل انبوه - بستر رودخانه - نزار - نمکزار و سطوح آبی

**جدول ۵- میزان اهمیت معیارهای اصلی و زیرمعیارها در مکانیابی محل دفن پسماند**

معیارهای اصلی	میزان اهمیت	زیرمعیارها	میزان اهمیت	ضریب ناسازگاری
معیارهای مکان یابی		عمق آب زیرزمینی	۰/۶۸۳	۰/۰۲
	هیدرولوژی و هیدروژئولوژی	منابع آب سطحی	۰/۲	۰/۰۱
	محیط زیست	منابع آب زیرزمینی	۰/۱۱۷	۰/۰۲
		کاربری اراضی (پوشش گیاهی)	۰/۲۳۵	۰/۰۲
	اقتصادی	جاده	۰/۸۷۵	۰/۰۰
		شیب	۰/۱۲۵	۰/۰۰
	خاک شناسی	بافت خاک	۰/۰۷۱	۰/۰۲
		مراکز تولید زباله (رامهرمز)	۰/۷۵	۰/۰۰
	اجتماعی	مراکز جمعیتی (روستا)	۰/۲۵	۰/۰۰

**جدول ۶- رده بندی و میزان اهمیت رده‌های مربوط به زیر معیارها**

عمق آب زیرزمینی (متر)	میزان اهمیت	فاصله از منابع آب سطحی (متر)	میزان اهمیت	فاصله از منابع آب زیرزمینی (متر)	میزان اهمیت
۰-۱۰	۰/۰۳۵	<۵۰۰	۰/۰۳۶	<۱۰۰	۰/۰۳۶
۱۰-۱۵	۰/۰۳۷	۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۰۸۱	۱۰۰-۵۰۰	۰/۰۷۹
۱۵-۲۰	۰/۱۴۱	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۱۵۶	۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۱۷۲
۲۰-۲۵	۰/۲۷۶	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۲۷۵	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۰/۲۷۶
>۲۵	۰/۴۷۴	>۳۰۰۰	۰/۴۵۱	>۱۵۰۰	۰/۴۳۷

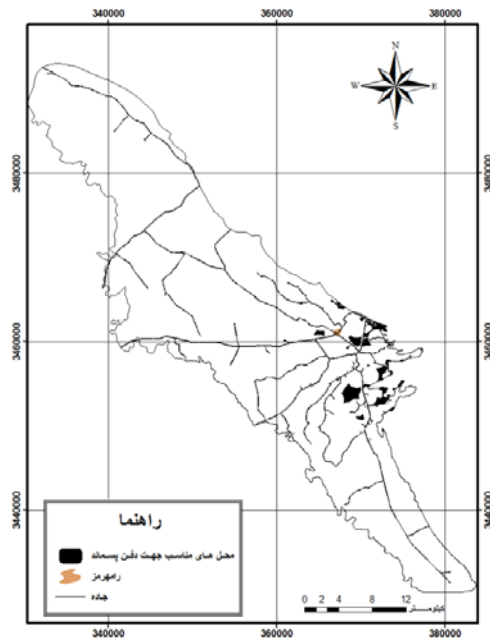
**جدول ۷- رده بندی و میزان اهمیت رده‌های مربوط به معیارهای اصلی**

فاصله از جاده (متر)	میزان اهمیت	شیب (درصد)	میزان اهمیت	فاصله از شهر (متر)	میزان اهمیت	فاصله از روستا (متر)	میزان اهمیت
<۳۰۰	۰/۰۳۶	<۵	۰/۵۲	<۳۰۰۰	۰/۰۳۵	<۵۰۰	۰/۰۳۵
۵۰۰-۳۰۰	۰/۱۶۴	۵-۱۰	۰/۲۴۲	۳۰۰۰-۱۰۰۰۰	۰/۴۷۷	۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۴۷۷
۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۲۸	۱۰-۱۵	۰/۱۴	۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰	۰/۲۸	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۲۸
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۰/۴۵۲	۱۵-۲۰	۰/۰۶۵	۱۵۰۰۰-۲۰۰۰۰	۰/۱۲۴	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۱۲۴
>۱۵۰۰	۰/۰۶۹	>۲۰	۰/۰۳۴	>۲۰۰۰۰	۰/۰۷۴	>۳۰۰۰	۰/۰۷۴

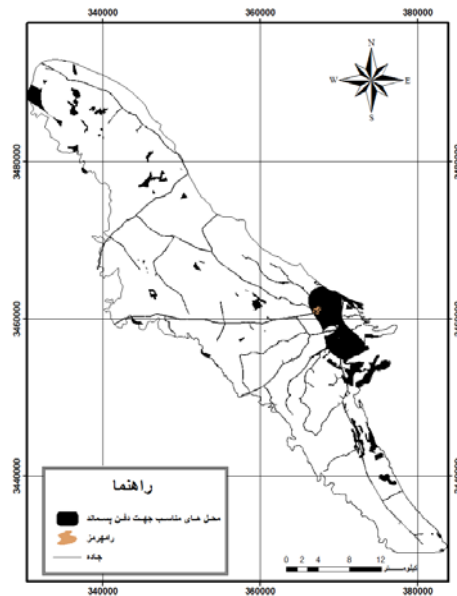
### نتایج و بحث

نقشه‌های نهایی مربوط به مکان یابی محل مناسب دفن پسماند طبق نظر کارشناسی به پنج کلاس، کاملاً نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و کاملاً مناسب تقسیم‌بندی شد که مناطق سیاه رنگ در

برای انجام عملیات مکان یابی و رسیدن به مناطق مناسب جهت دفن پسماند، نقشه‌های استاندارد حاصل از مراحل قبل با روش ترکیب خطی-وزنی و فرآیند سلسله مراتبی تلفیق و نقشه‌های نهایی با نقشه حاصل از منطق فرآیند سلسله مراتبی فازی مقایسه شد.



شکل ۲- نقشه مناسب ترین محل دفن پسماند با روش ترکیب خطی-وزنی



شکل ۳- نقشه مناسب ترین محل دفن پسماند به روش فرآیند سلسله مراتبی

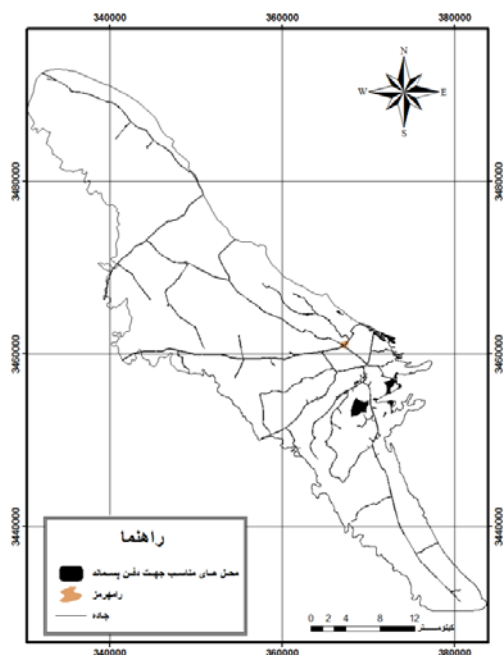
ArcGIS 10 به معیارهای پوشش گیاهی و بافت خاک اعمال شد و طبق جدول (۱) سایر معیارها با استفاده از منطق فازی استاندارد سازی شدند. در نهایت با توجه به قابلیت‌های گسترده ArcGIS 10 در مسائل تحلیل تصمیم‌گیری، عملیات تلفیق فازی با استفاده از تابع گاما در ArcGIS 10 صورت گرفت. این عملگر حالت کلی عملگر ضربی و جمعی فازی است و زمانی به کار می‌رود که تاثیر کاهشی و

نقشه‌ها در کلاس مناسب و کاملاً مناسب قرار دارد. در ادامه، نتایج هر یک از این روش‌ها ارائه شده است.

#### مکان یابی محل دفن با روش ترکیب خطی-وزنی

برای انجام عملیات مکان‌یابی محل‌های دفن با روش ترکیب خطی-وزنی، ضرایب اهمیت جدول‌های (۳) و (۴) در محیط





شکل ۴- نقشه مناسب ترین محل دفن پسماند باروش فرآیند سلسله مراتبی فازی

گوناگون می‌توان در نتایج حاصل به نحوی تغییر ایجاد نمود که پاسخ‌های قابل قبول‌تری بدهد از جمله تغییر در مقادیر آستانه، تابع فازی، وزن‌های معیار. مقایسه روش‌های مختلف فازی ما را به این نتیجه می‌رساند که روش ترکیب خطی-وزنی علی‌رغم سادگی نسبی کاربرد، طیف‌های ایجاد شده در نقشه فازی نهایی از برجستگی مناسبی برخوردار نیستند. زمین‌های زیادی وجود دارند که مناسب تشخیص داده می‌شوند. به عنوان مثال سلولی با مقادیر ۲۴۰ ممکن است از دامنه مقادیر معیار بسیار گسترده‌ای تشکیل شده باشد مثلاً از ۱۸۰ تا ۲۵۵ (برای معیارهای مختلف)، در نتیجه ممکن است برخی عوامل مهم علی‌رغم امتیاز نسبتاً کم (مثلاً ۱۹۰) در آن سلول واقع شوند که شاید منظور تصمیم‌گیرنده را برآورده نسازد. در روش فرآیند سلسله مراتبی فازی برجستگی بهتری بین طیف‌های مختلف موجود در نقشه نهایی دیده می‌شود. این موضوع بیانگر این مهم می‌باشد که استفاده از وزن‌های محاسبه شده توسط نرم افزار Expert choice به تصمیم‌گیرنده کمک می‌ماید که تاثیر عوامل مهم‌تر را در نقشه نهایی بهتر وارد نماید. بررسی نتایج اولیه مبین این واقعیت است که مدل منتج از روش فرآیند سلسله مراتبی ضمن انتخاب مکان دفن زباله‌ها در منطقه قابل قبول، مناطق دیگری را نیز پیشنهاد می‌کند. در نتیجه نقشه حاصل از مکان یابی به روش فرآیند سلسله مراتبی فازی دارای قدرت تفکیک بهتری بین طیف‌های موجود می‌باشد.

افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد. نقشه تهیه شده به روش ترکیب خطی-وزنی در شکل (۲) نشان داده شده است.

#### مکان یابی محل دفن باروش فرآیند سلسله مراتبی

در این روش وزن‌های محاسبه شده در Expert choice به معیارها، زیرمعیارها و رده‌ها در محیط ArcGIS 10 اعمال شد (جدول‌های ۵۶ و ۷). در نهایت تلفیق معیارها با دستور Raster Calculator در محیط ArcGIS 10 صورت گرفت. نقشه تهیه شده به روش فرآیند سلسله مراتبی در شکل (۳) نشان داده شده است.

#### مکان یابی محل دفن با استفاده از روش فرآیند سلسله مراتبی فازی

در روش فرآیند سلسله مراتبی فازی علاوه بر استاندارد سازی معیارها به روش فازی و فرآیند سلسله مراتبی، وزن‌های حاصل از مقایسه دودویی در نرم افزار Expert choice به معیارهای متناظر در محیط ArcGIS 10 اعمال شد و در نهایت تلفیق لایه‌ها با استفاده از تابع گاما در محیط ArcGIS 10 صورت گرفت. شکل (۴) نقشه حاصل از تلفیق را نشان می‌دهد.

در کلیه روش‌های فازی (اعم از ترکیب خطی-وزنی و فرآیند سلسله مراتبی فازی) به واسطه طیف گسترده دسته بندی مناطق (۰-۲۵۵) قدرت تصمیم‌گیری بالاتر است یعنی در این روش‌ها به طرق

### نتیجه گیری

- ۱- مشخص گردید که روش ترکیب خطی-وزنی علی‌رغم سادگی دارای معایبی می‌باشد، از جمله اینکه در این روش مناطق زیادی مکان یابی می‌گردند که ممکن است مناسب نباشد.
  - ۲- مهمترین نقص منطقتربندی خطی-وزنی، یکسان در نظر گرفتن وزن لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفته، بدون توجه به اهمیت ضریب زیست محیطی آن می‌باشد.
  - ۳- منطق سلسله مراتب تحلیلی اگرچه برای مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره غیر سیستم‌آیندهک مانند سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و مدیریت علوم بسیار کارآمد می‌باشد، ولی معایبی نظیر عدم پیوستگی در وزن‌های محاسبه شده و ناکارآمدی لازم جهت تعیین محدودیت‌ها را دارد.
  - ۴- منطق فرآیند سلسله مراتبی فازی با استفاده از وزن‌های محاسبه شده در Expert choice این قدرت را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که عوامل مهمتری را که از نظر کارشناسی وی مسئله مکان یابی را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد با همان
- اهمیت در مسئله قرار دهد و در اثر این برتری، نتیجه حاصل از مکان یابی به روش فرآیند سلسله مراتبی فازی دارای قدرت تفکیک بهتری بین طیف‌های موجود می‌باشد.
- ۵- از دیدگاه کلی‌تر، مطالعه حاضر نشان داد که سیستم اطلاعات جغرافیایی با توجه به تنوع توابع و قابلیت دستکاری داده‌ها به طرق گوناگون و قدرت انجام ترکیب لایه‌های اطلاعاتی، ابزاری بسیار قدرتمند در فرآیند مکان یابی است.
- ۶- بازبازرسی‌های میدانی کامل‌کننده ارزیابی شاخص‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بوده و تکیه به نتایج سامانه اطلاعات جغرافیایی به تنهایی نمی‌تواند نشان‌دهنده نتایج نهایی باشد. ممکن است پس از بازبازرسی‌های میدانی (صحرائی) به دلایل مختلف بعضی از مناطق مناسب حذف گردند.

### منابع

- ۱- بیدختی، ن. و پ. منجی. ۱۳۷۱. بررسی مسائل مربوط به جمع‌آوری وضع زباله در شهر شیراز. دفتر معاونت پژوهش دانشگاه شیراز.
- ۲- بنائی، م. ۱۳۷۹. بررسی اثر محل دفن زباله کهریزک بر آلودگی آب‌های زیرزمینی مجاور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران. ص ۲۰.
- ۳- خورشید دوست، ع. و عادل، ز. ۱۳۸۸. استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای یافتن مکان بهینه دفن زباله (مطالعه موردی: شهر بناب). مجله محیط‌شناسی، سال سی و پنجم، شماره پنجاه، صفحات ۳۲-۳۷.
- ۴- فراهودی، ر. حبیبی، ک. و پ. بختیاری ۱۳۸۴. مکان یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط (GIS)، (مطالعه موردی: شهر سنندج)، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۲، صفحات ۲۴-۱۵.
- ۵- قدسی پور، ح. ۱۳۸۵. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فرآیند سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ پنجم، صفحه ۵۴.
- ۶- شمسایی فرد، خ. ۱۳۸۳. مکان یابی محل دفن بهداشتی مواد زاید جامد شهری با استفاده از (GIS) (مطالعه موردی: شهر بروجرد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، صفحه ۱۹۱.
- ۷- مجلسی، م. و ح. دامن افشان. ۱۳۸۸. مکان یابی محل دفن پسماندهای شهری شهرستان دزفول با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران.
- ۸- متکان، ع.، شکیباء، ع.، پورعلی، ح. و ج. نظم فر. ۱۳۸۷. مکان یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه: شهر تبریز). مجله محیط‌شناسی سال ششم، شماره دوم، صفحات ۱۳۲-۱۲۱.

- 10- Cimren, E. ,Catay, B. and E. Budak 2007 Developement of selection system using AHP, *International Journal of Advanced Manufaturing Technology* 35 363-376.
- 11- Kaya,T and C. Kahraman 2010 Multi criteria renewable energy planning using an intergrated. Fuzzy VIKOR and AHP Methodology: The Case of Istanbul, *Energy* 35: 2517-2527.
- 12- Kontos, T.D., Komilis, D. P. and C. P. Halvadakis 2005 Sitting MSW Landfill with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management* 25: 818-832.
- 13- Nang-Fei, P. 2008 Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method. *Automation in Construction*, 17: 958–965.
- 14- Nas, B. C., T. Iscan, F and A. Berktay 2010 Selection of MSW landfill site for Cumra county konya city, Turkey using AHP and multi criteria evaluation. *Environmental Monitoring Assessment* 160 (1-4): 491-500.
- 15- Onut, S., Efendigil ,T. Soner and S. Kara 2010 A combined fuzzy MCDM for selecting shopping center site, an example from Istanbul Turkey expert systems with applications: *An International Journal* 37: 1973-1980.
- 16- Safari, M., Kakaei, R., Ataei, M.and M. Karamoozian 2010 using fuzzy TOPSIS method for mineral processing plant site selection: Case study: Sangan iron ore mine (phase 2). *Arabian Journal of Geosciences*, 9: 1011-1009
- 17- Satty, T.L 1980 *The analytic hierarchy process*. 1sd ed. New York: McGraw-Hill, 287 p.
- 18- Sener, B., Süzen, M. L and V. Doyuran 2006 Landfill site selection by using geographic information systems. *Environmental Geology*, 49: 376–388.
- 19- Vahidnia, M. H., Alesheikh, A and A.Alimohammadi 2009 Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, 90:3048–3056.
- 20- Zadeh, L 1965 Fuzzy sets. *Information Control*, 53, 8-338e.