

Optimal Site Selection for Wind Farms Using the Boolean-AHP Model: Soran Independent Administration as a Case Study

Shwan Ahmed Ali¹, Hemn Muhammad Ismail²
Soran University

DOI: <https://doi.org/10.31918/twejer.2694GSCP.02>

Published:3/5/2026

Abstract

Wind energy is considered one of the most significant sources of renewable and clean energy, requiring a detailed spatial assessment based on natural and human criteria to determine the optimal production sites. The main objective of this study is to identify the most suitable locations for establishing a wind farm within the Soran Independent Administration. To achieve this, Geographic Information Systems (GIS) techniques were employed by integrating the Boolean model to exclude restricted areas (assigning them a zero value) and the Analytic Hierarchy Process (AHP) model to assign weights to (10) natural and human criteria, the most important of which are (wind speed, annual wind energy, and wind power density). The results revealed variations in the distribution of suitable land areas across administrative units; Sidekan sub-district ranked first as the most suitable area with (41%), followed by Haji Omeran (16%), and both Rawanduz and Choman with approximately (10%). In contrast, the lowest suitable areas were recorded in Goretu (0.08%) and Mazne (0.008%), while Soran District possessed no suitable areas (0%).

Keyword: Wind Energy, Analytic Hierarchy Process (AHP), Boolean Model, Spatial Assessment, Soran Independent Administration.

دیاری کردنی گونجاوترین شوین بۆ بنیادنانی کیلگهی وزهی با به به کارهیتانی مۆدیلی (Boolean – AHP) ئیداره‌ی سه‌ربه‌خۆی سۆران به نمونه

م.ی. شوان احمد علی

د. هیمن محمد اسماعیل

زانکۆی سۆران، فاکه‌لتی ئاب، به‌شی جوگرافیا

Shwan.ali@soran.edu.iq

hemn.ismail@soran.edu.iq

پوخته:-

وزهی با وهک یه‌کیک له گرنگترین سه‌رچاوه‌کانی وزهی نوێبووه‌وه و پاک، پێویستی به هه‌لسه‌نگاندنی وردی شوینی هه‌یه به پشتبسته‌ستن به پێوه‌ره سروشتی و مرۆپیه‌کان به مه‌به‌ستی ده‌ستنی‌شانکردنی باشتترین شوین بۆ به‌ره‌مه‌پێنان. ئامانجی سه‌ره‌کیی ئهم توێژینه‌وه‌یه، دیاریکردنی گونجاوترین شوینه بۆ بنیادنانی کیلگهی وزهی با له سنووری ئیداره‌ی سه‌ربه‌خۆی سۆران. بۆ گه‌یشتن به‌م ئامانجه، پشتبسته‌ستراوه به ته‌کنیکه‌کانی سیسته‌می زانیاریه جوگرافیه‌کان (GIS) له رینگهی تیکه‌لکردنی هه‌ردوو مۆدیلی لۆژیک (Boolean) بۆ دوورخسته‌وه‌ی ناوچه سنووردارکراوه‌کان (به‌های سفر)، و مۆدیلی پرۆسه‌ی شیکردنه‌وه‌ی هه‌ره‌می (AHP) بۆ کێشاندان بۆ (10) پێوه‌ری سروشتی و مرۆپیی، که گرنگترینان بریتین له (خیرایی با، وزهی بای سالانه و چری هیزی با).

ئه‌نجامه‌کانی توێژینه‌وه‌که ده‌ریانخست که جیاوازی هه‌یه له دابه‌شبوونی رۆوبه‌ری ناوچه گونجاوه‌کان له‌سه‌ر ئاستی یه‌که کارگێڕیه‌کان؛ به‌جۆریک ناحیه‌ی سیده‌کان به‌ رێژه‌ی (41%) گونجاوترین ناوچه‌یه و له‌ پله‌ی یه‌که‌م دیت، پاشان ناحیه‌ی حاجی ئۆمه‌ران به‌ رێژه‌ی (16%)، و هه‌ریه‌ک له‌ رۆاندز و چۆمان به‌ نزیکه‌ی (10%). له‌ به‌رامبه‌ردا، که‌مترین رۆوبه‌ری گونجاو

له ناحیهی گۆرپهتوو (0.08%) و مهزنی (0.008%) تۆمار کراوه، له کاتیکدا قهزای سۆران خاوهنی هیچ پروبه ریکی گونجاو نییه. (0%)

کلپله وشهکان: وزه ی با، پرۆسه ی شیکردنه وه ی هه ره می (AHP) ، مۆدیلی (Boolean) ، هه لسه نگاندنی شوینی، ئیداره ی سه ره به خو ی سۆران.

پیشه کی

له ئاستی جیهانیدا، ولاتان به شیوه یه کی به رچاو روو له به کارهینانی سه رچاوه کانی وزه ی نوئیوووه (RE) ده که ن به ئامانجی دابینکردنی داواکاری و پرکردنه وه ی پنداویستییه کانی وزه. له م چوارچنیه ده، یه کیتی ئه وروپا له رینگه ی رینماییه کانی سالانی (2001-2018) هوه، کۆمه لیک ئامانجی ستراتیژی بو به رزکردنه وه ی پشکی وزه ی نوئیوووه دیاریکردوه. دیارترین ئامانج ئه وه یه که تا سال 2030، ریزه ی 32٪ی وزه ی به کاربراو له ولاتانی یه کیتییه که له سه رچاوه نوئیوووه وه که نه وه دابین بکریت (VELÁZQUEZ-MEDINA ET AL., 2022, P. 3). سنوورداربوونی یه ده گی سووته مه نییه فۆسیلییه کان و مه ترسییه کانی پیسبوونی ژینگه، بوونه ته هانده ریکی سه ره کی بو بریاربه ده ستان له سه رانسه ری جیهاندا تاوه کو جیگره وه ی وزه ی پاک پیش بخه ن (EHSAN NOOROLLAHI, 2016, P. 1).

یه کیک له گرنگترین سه رچاوه کانی وزه ی نوئیوووه وه، وزه ی با (WIND ENERGY) یه. به لام جیبه جیکردنی پرۆژه کانی ویستگه ی وزه ی با (WPP) پیویستی به هه لسه نگاندنی وردی کۆمه لیک گۆراو هه یه. له پرۆسه ی دیاریکردنی شوینی گونجاو بو ئه م ویستگانه، پیویسته ره چاوی فاکته ره ئابووری، ژینگه یی و کارگیزییه کان بکریت، وه ک: کاریگه ری له سه ر ژیا نی گیانله به ره کتیویه کان، دیمه نی بینراو، و کاریگه ریه کارۆموگناتیسییه کان. به م هۆیه وه، بو دیاریکردنی باشتترین شوین، په نا ده بریته بهر به کارهینانی سیسته می بریاردانی فره پیوه ر (MCDM) که ته کنیکه کانی وه ک

(AHP, ANP, BOOLEAN LOGIC) له خۆدهگریت، به تیکه لکردنیان له گه ل سیستمی زانیاریی جوگرافی (GIS) بۆ به دهستهینیانی وردترین ئه نجام.

له سه ر ئاستی خۆجییش، ههریمی کوردستان وه ک قه واره یه کی سیاسی ده توانیت سوود له م ده رفه ته وه ربگریت بۆ هه مه چه شنکردنی سه رچاوه کانی وزه و که مکردنه وه ی پشتبه ستن به سووته مه نی فۆسیلی، که ده بیته هۆی که مکردنه وه ی ده رچوونی گازه زیانبه خشه کان و زیادکردنی به ره مه ی وزه ی کاره با بۆ دانیشتوان. له م توێژینه وه یه دا، (ئیداره ی سووران) وه ک ناوچه ی لیکۆلینه وه ده ستنیشان کراوه، به ئامانجی دیاریکردنی گونجاوترین شوین بۆ دامه زرانندی ویستگه ی وزه ی با به به کارهینیانی ئامرازه زانستییه به رده سته کان.

هۆکاری هه لبژاردنی بابه تی توێژینه وه:

گرنگی هه لبژاردنی بابه ت (SIGNIFICANCE OF THE STUDY)

گرنگی ئه م توێژینه وه یه له هه ولدان بۆ سوود وه رگرتن له وزه ی پاک و سه رچاوه نوییوه وه کاندا ده رده که ویت، ئه مه ش له ریگه ی هه لسه نگانندی توانسته جوگرافییه کانی ناوچه ی لیکۆلینه وه بۆ دیاریکردنی گونجاوترین شوین به مه به سته ی به ره مه مهنیانی وزه ی با.

گرفتی توێژینه وه (RESEARCH PROBLEM)

گرفتی سه ره کی ئه م توێژینه وه یه له وه دا چر ده بیته وه که سه ره رای بوونی پۆتینشیال، تاوه کو ئیستا له سه ر ئاستی ناوچه که وه ک پیویست سوود له وزه ی با وه رنه گیراوه. به جوړیک هه یج ویستگه یه کی به ره مه مهنیانی وزه ی با بوونی نییه و ناوچه ی لیکۆلینه وه ش به ده ست نه بوونی کاره بای نیشتمانی به رده وام (۲۴ کاتژمیری) وه ده نالینیت، که ئه مه ش پیویستی دۆزینه وه ی جیگره وه ی وزه ده خاته روو.

گريمانه‌ی تويژينه‌وه (RESEARCH HYPOTHESIS)

تويژينه‌وه‌كه له‌سه‌ر بنه‌ماي ئەم گريمانانه دا‌پيژراوه:

1. تهنه‌ها به‌رزى ر‌يژه‌ى خيراى با له شوينى‌كدا مه‌رج نيه‌ه بۆ ئەوه‌ى وه‌ك گونجاوترين شوين بۆ كىلگه‌ى وزه‌ى با هه‌ژمار بكرىت (به‌لكو فره‌پيوه‌رى پىويسته).
2. ناوچه‌ى ليكۆلینه‌وه‌ى خاوه‌نى تايبه‌تمه‌ندى و توانستى جوگرافى پىويسته بۆ دامه‌زراندنى ويستگه‌ى وزه‌ى با.
3. له ر‌يگه‌ى به‌كاره‌يتانى پيوه‌ره جوگرافىيه‌كانه‌وه، ده‌توانرئ پىگه‌ى گونجاو بۆ دامه‌زراندنى ويستگه‌كه ده‌ستنيشان بكرئت.

ئامانجى تويژينه‌وه (RESEARCH OBJECTIVES)

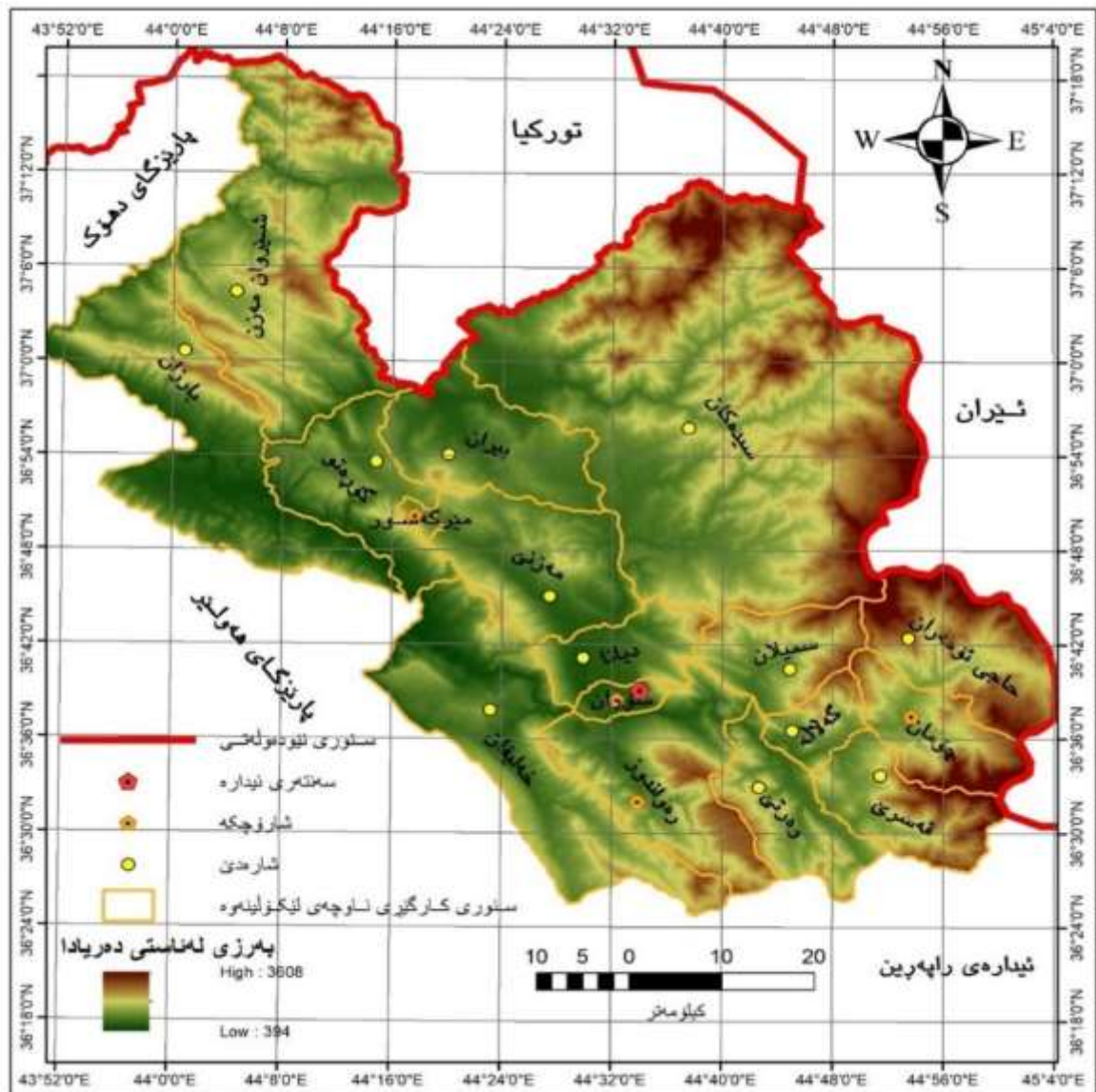
1. جىبه‌جىكردنى مۆدىلى پرۆسه‌ى شىكارى پله‌به‌ندى (AHP) به‌سه‌ر پيوه‌ره جياوازه‌كاندا له ناوچه‌ى ليكۆلینه‌وه، به‌مه‌به‌ستى پۆلنكردنى ر‌ووبه‌رى ناوچه‌كه بۆ ئاسته‌كانى: (سنوورداركر، نه‌گونجاو، گونجاو، گونجاوترين).
2. ده‌ستنيشانكردنى باشتريين و گونجاوترين شوينى جوگرافى بۆ دامه‌زراندنى ويستگه‌ى وزه‌ى با.

ناوچه‌ى ليكۆلینه‌وه (STUDY AREA)

ناوچه‌ى ليكۆلینه‌وه (ئىداره‌ى سه‌ربه‌خۆى سۆران) له ر‌ووى شوينى گه‌ردونىيه‌وه ده‌كه‌ويته نيوان بازنه‌كانى پانى ($36^{\circ}24'0''$) و ($37^{\circ}20'0''$) سى باكوور و هيله‌كانى دريژى ($43^{\circ}50'0''$) و ($45^{\circ}4'0''$) سى ر‌ۆژه‌لات. ر‌ووبه‌رى گشتى ئىداره‌ى سۆران برىتتبه له (5518.085) كم². له ر‌ووى سنوورى كارگىرييه‌وه (وه‌ك له نه‌خشه‌ى ژماره 1 دا هاتووه)، ناوچه‌كه پىكهاتووه له قه‌زاكانى (سۆران "سه‌نته‌ر"، ر‌واندن، ميترگه‌سۆر، چۆمان) و ناحيه‌كانى سه‌ر به‌م قه‌زايايه. سه‌باره‌ت به سنووره‌كان؛ له باكووره‌وه هاوسنووره له‌گه‌ل ولاتى توركيا، له ر‌ۆژه‌لات و

باشووری رۆژه‌ه‌لاته‌وه له‌گه‌ل و‌لاتی ئێران، له‌ باشووره‌وه هاوسنووره له‌گه‌ل ئیداره‌ی راپه‌رین، له‌ رۆژئاواوه له‌گه‌ل پارێزگای هه‌ولێر و له‌ باکووری رۆژئاواوه له‌گه‌ل پارێزگای ده‌وک به‌یه‌ک ده‌گات.

نه‌خشه‌ی ژماره (1) ناوچه‌ی لیکۆلینه‌وه



سه‌رچاوه‌ کاری تویژر: پشت به‌ست به‌ GIS10.8.2-DEM-SORAN GEODATABASE 1

میتودولوژیای شیکاری و مودیلسازی شویینی (METHODOLOGY AND SPATIAL MODELING)

که رهسته و میتودی توژیینه وه (MATERIALS AND METHODS)

بۆ گه یشتن به ئامانجه کانی توژیینه وه، پشت به شیکردنه وهی شویینی له ژینگه ی سیسته می زانیاری جوگرافی (GIS 10.8.2) به ستراوه، به به کارهینانی مودیله کانی به های لژیکی (Boolean Logic) و پرۆسه ی شیکاری پله بهندی (AHP). داتا کان له م سه رچاوانه وه و هرگیراون: وینه ئاسمانییه کان: (Sentinel-2A) له (Copernicus Open Access Hub,) (2022) و (Landsat-8) له (Landsat Science, 2022). داتای توپوگرافی: مودیلی بهرز و نزمی دیجیتالی (DEM 12.5m) له (USGS Science for a Changing World, 2013). داتای که شوهه وا: نه خشه ی ئه تله سی با (Wind Map Atlas). ئه م ئامرازانه به کارهینراون بۆ ده رخستنی توانستی جوگرافی و دیاریکردنی گونجاوترین شوین بۆ پرۆژه که.

ئه م توژیینه وه یه پهیره وهی له ریبازیکی زانستی دهکات بۆ په ره پیدانی مودیلیکی شویینی به مه بهستی پۆلینکردنی ناوچه ی لیکولینه وه بۆ پرۆژه کانی وزه ی با. پرۆسه که له سه ر بنه مای پله بهندی شیکاری و به کارهینانی ته کنیکه پیشکه وتوه کانی سیسته می زانیاری جوگرافی (GIS) و بریاردانی فره پیوه ر (MCDM) بنیات نراوه، که به م قوناغانه دا تیده په ریت:

1. دیاریکردنی سنووردارکردنه کان (Restrictions Analysis – Boolean Logic):

له م قوناغانه دا، مودیلی به های لژیکی (Boolean Model) به کارهینراوه بۆ جیاکردنه وهی ئه و ناوچانه ی که بۆ دامه زانندی پرۆژه که گونجاو نین (وهک ناوچه پاریزراوه کان یان به ره بهسته توپوگرافی و مرۆبیه کان). ئه مه ش له ریگه ی: به کارهینانی فره مانی (Buffering) بۆ دروستکردنی مه ودای پاریزراو بۆ دیارده کان. گۆرینی تایبه تمه ندییه کان بۆ داتای راسته ر (Feature to Raster). به کارهینانی فره مانی (Is Null) بۆ سفرکردنه وهی به های ناوچه قه ده غه کراوه کان.

به‌گه‌رخستی (Raster Calculator) بۆ جیاکردنه‌وه‌ی ته‌واوی ناوچه‌که بۆ دوو به‌ها: به‌های (۰) بۆ شوینه سنووردارکراوه‌کان و به‌های (۱) بۆ شوینه گونجاوه‌کان.

2. شیکاری و کیشپیدانی پیوه‌ره‌کان (Criteria Evaluation – AHP):

دوای ده‌ستنیشانکردنی ناوچه گونجاوه‌کان، هه‌سه‌نگاندن بۆ پیوه‌ره ژینگه‌یی و ئابوورییه‌کان کراوه بۆ دیاریکردنی ئاستی کاریگه‌رییان. بۆ ئەم مه‌به‌سته: پشت به پرۆسه‌ی شیکاری پله‌به‌ندی (AHP) به‌ستراوه. ریگه‌ی به‌راوردکاری جووته‌کان (Pairwise Comparison) به‌کاره‌یتراوه بۆ دیاریکردنی کیشی (Weight) هه‌ر فاکته‌ریک له‌سه‌ر بنه‌مای گرنگییه‌که‌ی.

3. جیه‌جیکردنی ته‌کنیکی و شیکاری شوینی (Technical Implementation):

له ژینگه‌ی (GIS) دا، چه‌ندین ئامرازی شیکاری بۆ یه‌کخستی داتا‌کان به‌کاره‌یتراون، له‌وانه: (Euclidean Distance): بۆ دیاریکردنی مه‌ودای دووری پیوه‌ره‌کان به شیوازی ته‌قلیدی. (Reclassify): بۆ پۆلینکردنه‌وه‌ی به‌های داتا‌کان بۆ یه‌ک پیوه‌ری هاوبه‌ش. (Weighted Overlay): بۆ تیکه‌لکردنی نه‌خشه‌ی پیوه‌ره کیش بۆ دانراوه‌کان (AHP Weights) له‌گه‌ل نه‌خشه‌ی سنووردارکراوه‌کان (Restriction Layer).

4. ده‌ره‌نجامی کۆتایی (Final Suitability Model):

له‌کۆتاییدا، به تیکه‌لکردنی سه‌رجه‌م گۆراوه‌کان و به‌کاره‌یتانی مۆدیلی گونجان (Suitability Model)، نه‌خشه‌ی کۆتایی به‌ره‌م هینرا. ئەم نه‌خشه‌یه ناوچه‌ی لیکۆلینه‌وه‌که‌ی دابه‌ش کردوه بۆ ئاسته جیاوازه‌کانی گونجان، و له ئەنجامدا "گونجاوترین شوین" (Most Suitable Area) بۆ دامه‌زراندنی کیلگه‌ی به‌ره‌مه‌یتانی وزه‌ی با به وردی ده‌ستنیشان کراوه.

مؤدیل و ئامرازه به کارهاتووهدکان

چوارچیوهی تیوری و شیوازی شیکاریی فرهپیوهر (MCDM FRAMEWORK)

هه رچهنده شیوازهکانی بریاردانی فرهپیوهر (MCDM) له پرووی تیورییهوه جیاوازن، به لام له بنه پرتدا سه رجه میان ئامانجیان هه لسه نگاندن و پولینکردنی به هاکانه بو دیاریکردنی باشتترین جیگره وه (LINKOV, 2004, p. 38). له م توژیینه وه یه دا، پرۆسه که به سه ر دوو قوناعی سه ره کیدا دابه شکراوه:

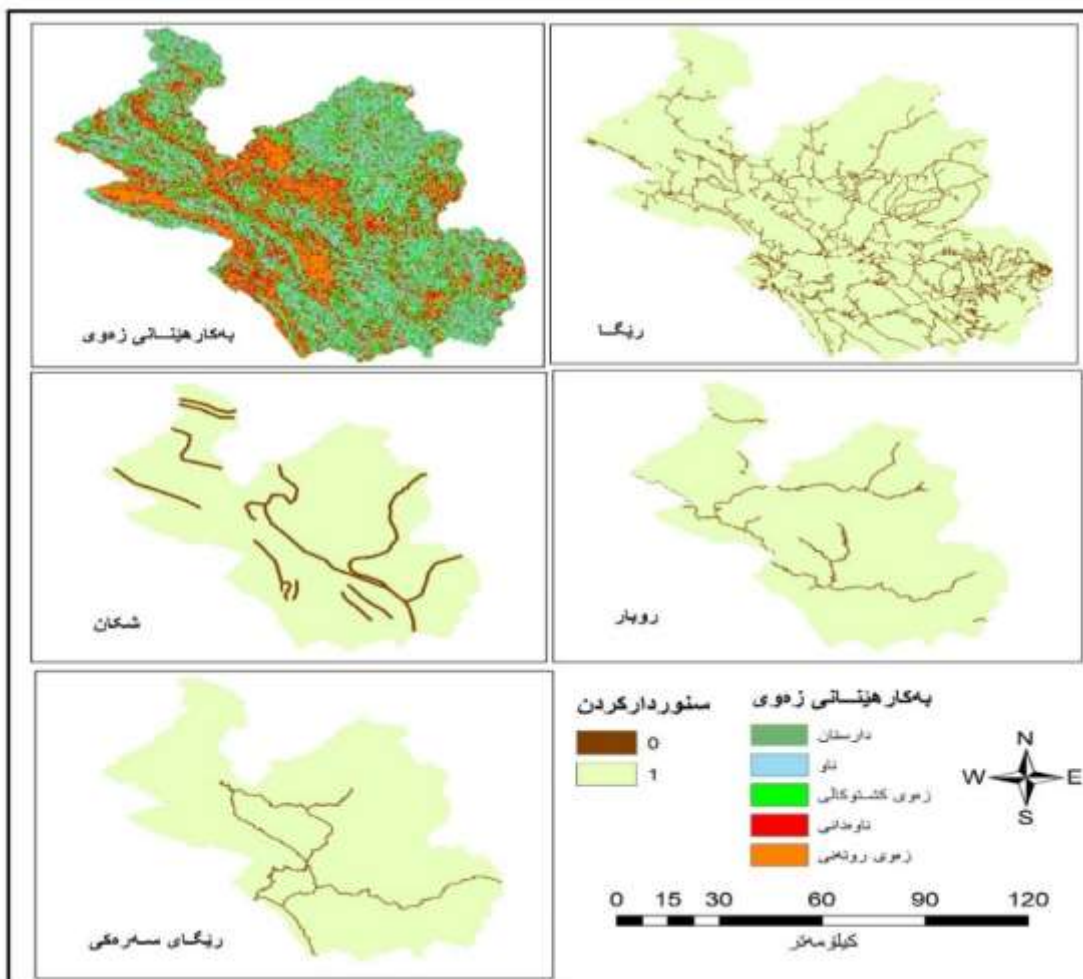
1. قوناعی سنووردارکردن (Boolean Logic Model):

هه نگاوی یه که م بریتییه له دوورخستنه وهی ناوچه نه گونجاوه کان. وهک له نه خشه ی ژماره (3) دا پروونکراوته وه، پشت به مؤدیلی به های لۆژیکی به ستراره بو پینج پیوهری سنووردارکه ر: (ریگاوبان، ویستگهکانی کارهبا، پرووبار، هیلهکانی شکان، و به کارهیتانی زهوی). پولینکردنه که له سه ر بنه مای سیسته می دووانی (Binary System) ئه نجامدراوه: به های (0) رهنگی رهش: به و ناوچانه دراوه که بو پرۆژه که نه گونجاون (وهک: دارستان، پرووبه ری ئاوی، و ناوچه ی ئاوه دانی) و له شیکارییه که دوورخراونه ته وه. به های (1) رهنگی سه وزی کال: به و ناوچانه دراوه که شیاون بو ئه نجامدانی شیکاریی ژماره یی و دامه زراندنی پرۆژه که.

2. قوناعی کیشپیدان و شیکاریی تور (AHP & ANP Analysis):

دوای دیاریکردنی ناوچه شیواوه کان، پرۆسه ی شیکاریی هه ره می (AHP) و شیکاریی توره کان (ANP) به کارهیتراون بو دیاریکردنی کیش (Weight) و په یوهندی نیوان پیوه ره سه ره کییهکانی وزه، که بریتین له: (خیرایی با، قه باره ی وزه ی سالانه، و چیری هیزی با).

نەخشەى ژمارە (3) پێوەرەکانى بەکارهاتوو



سەرچاوه کارى توێژەر: پشت بەست بە MULTI- CRITERIA2

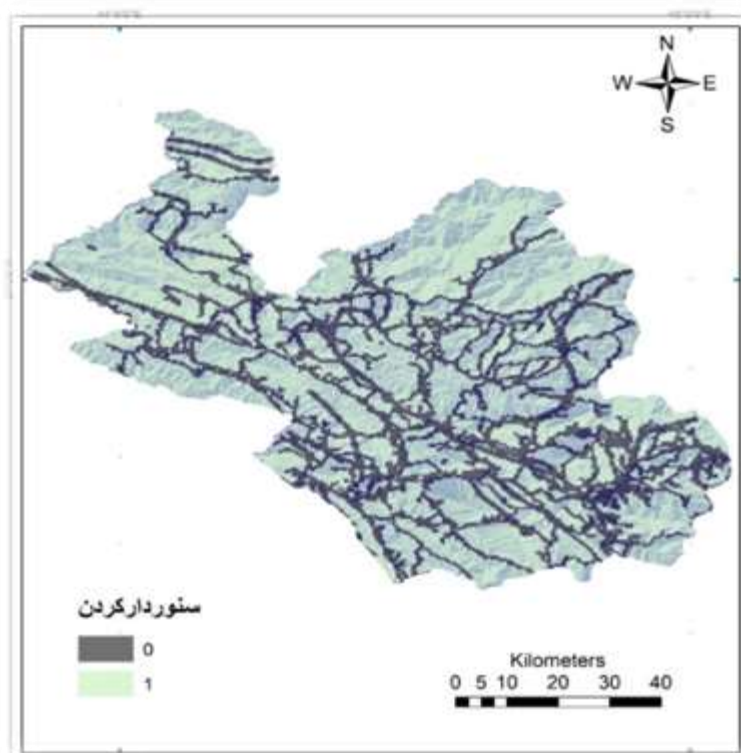
بنەما تیۆرییەکان و جێبەجێکردنى مۆدیلى بەهای لۆژیکی (BOOLEAN):

له بنچینهدا، فەنکشنەکانى Boolean له بوارهکانى زانستى کۆمپیوتەر و بیرکاریدا رۆلیکی سەرەکی دەگێرن و وهک نەخشەیهکی دووانهیی ($f: \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$) پێناسه دهکرین (O'Donnell, 2021, p. 19). ئەم مۆدیله پهیرهوی له فۆرمالیزمیکی لۆژیکی دهکات که تییدا گۆراوهکان تهنها دوو دۆخیان ههیه: (ON/1) یان (OFF/0).

له چوارچیوهی سیستمی زانیاریی جوگرافی (GIS) دا، لۆژیکی Boolean به سادهترین و کاریگه‌رتترین ریگه داده‌نریت بۆ تیکه‌لکردنی چینه‌کان (Layers) و ئەنجامدانی پرۆسهی سنووردارکردن (Restrictions). له‌م توێژینه‌وهیه‌دا، ئەم میتۆده به‌کارهێنراوه بۆ دوورخستنه‌وهی (Exclude) ئەو دیارده سروشتی و مرۆییانهی که بۆ دامه‌زراندنی ویستگه‌ی وزه‌ی با گونجاو نین.

وهک له نه‌خشه‌ی ژماره (2) دا پوونکراوه‌ته‌وه، به‌های (0) و په‌نگی (په‌ش) به‌و ناوچانه دراوه که به‌پێی زانیارییه‌کان ده‌بیت له پرۆسه‌ی خه‌م‌لاندنه‌که‌دا لابهرین، که بریتین له: (پیگا سه‌ره‌کی و لاوه‌کییه‌کان، پووباره‌کان، هیله‌کانی شکان "Faults"، ناوچه نیشه‌جیپوه‌کان، و هیله‌کانی گواستنه‌وه‌ی کاره‌با).

نه‌خشه‌ی ژماره (2) مۆدیلی به‌های لۆژیکی Boolean



سه‌رچاوه کاری توێژه‌ر: پشت به‌ست Boolean Model 3

شیکاری فره پئوه و سه رچاوهی داتاكان (AHP & DATA SOURCES)

پروسهی شیکاری پله بهندی (AHP) ریبازیکی زانستییه بو دابه شکاری ریزهیی و کیشپیدان به گوراوه کان. هر چه نده ئەم پروسهیه رهنگه هه موو نادلنیاییه کانی بریاردانی به کومه ل له خونه گریت، به لام توانای پیوانه کردنی نادروستییه کانی ههیه له ریگهیی به کارهینانی ژمارهیی نیوانه کان (Interval Numbers). که ئەممهش وادهکات هه لسه نگاننده که بابه تیانه تر بیت (Analytical Hierarchy Process, 2023).

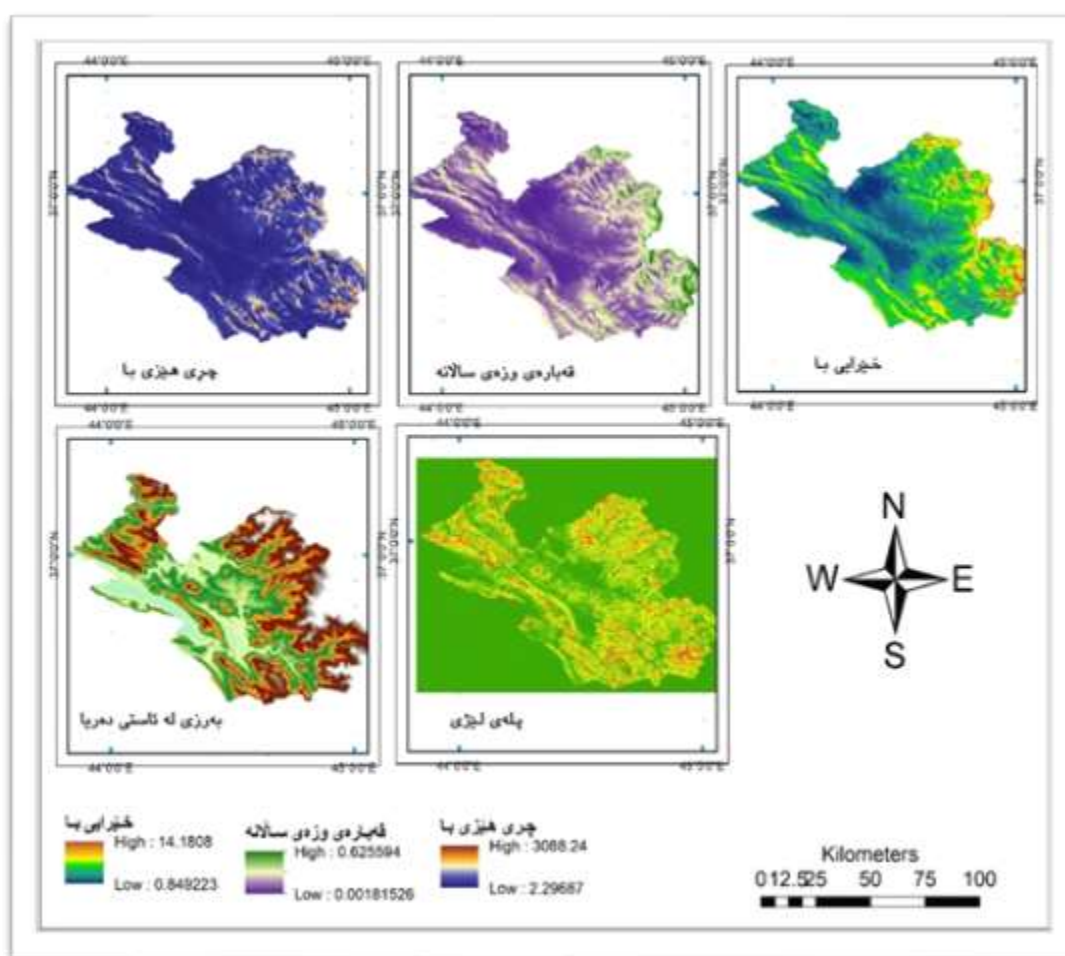
دیاریکردن و وه سفکردنی پیوه ره کان به ههنگاوی یه کهم و بنه رتهی داده نریت بو سوودوه رگرتن له وزهیی با. به پئی سه رچاوه زانستییه کان، تیکرای خیرایی بای سالانه، چرپی هیزی با، و ریزهیی سه دیی روظانی با، به گرنترین تایبه تمه ندیییه کانی هه لباردنی شوین داده نرین (Zahedi et al., 2005). له م تویزینه وهیه دا، داتاكان له ئەتله سی بای جیهانی (GWA) وه رگیراون که له لایه ن زانکوی ته کنیکی دانیمارک (Technical University of Denmark) سه ره رشتی ده کریت و ماوهی نیوان سالانی (2008 – 2023) ده گریتته وه (mapps, 2023). داتاكانی با به پئی ئاستی به رزی له روهی زه و بییه وه بو چه ند ئاستیک پۆلین کراون (10, 150m, 100m, 50m, 200m). وهک له خشتهی (1) دا روونکراوه ته وه، له به رچاوه گرنتی بارودوخی ئابووری و تایبه تمه ندیی ناوچه که، له م لیکۆلینه وهیه دا پشت به داتاكانی ئاستی (100m) به ستراره. وهک له نه خشهیی ژماره (4) دا روونکراوه ته وه، پیوه ره به کارهاتوه کان و مه وداکانیان بریتین له: خیرایی با: (0.8 – 14.1). قه بارهیی وزهیی سالانه: (0.0018 – 0.625 m). چرپی هیزی با، پلهی لیژی، و به رزی و نزمی. له کو تاییدا، بو ریکخستنی په یوه ندیییه کان و دیاریکردنی گرنگی هه ر پیوه ریک، تیکه له یهک له ته کنیکه کان به کارهاتوه: له ریگهیی پروسهی شیکردنه وهی توپ (ANP) په یوه ندی له نیوان گوراوه کان دروستکراوه، و له ریگهیی پروسهی AHP هوه به ها و کیشیان بو دیاریکراوه، وهک چون له خشتهی ژماره (2) دا ورده کارییه کان خروانه ته روو.

خشتهی ژماره (1)

Wind Power Class	Resource Potential	Wind Power Density / W/ m ²	Wind Speed m s ⁻¹
1	نیه	0-200	5.9 – 0.0
2	لاواز	200-300	6.7 – 5.9
3	مامناوند	300-400	7.4 – 6.7
4	باش	400-500	8.4 – 7.4
5	زورباش	600-700	9.3 – 8.4
6	نایاب	> 800	> 9.3

(Alexander Kalmikov, 2017)

نه خشتهی ژماره (4) پیوههکانی به کارهاتوو له مودیلی AHP



سه‌چاوه کاری توپزه: پشت به‌ست کرداری 4 ANP-AHP

استانداردکردنی داتا و دیاریکردنی کیشی پیوه‌ره‌کان (DATA STANDARDIZATION AND WEIGHTING)

1. میتودۆلۆژیای نمره‌دان و لیکدانی چینه‌کان:

لهم تویژینه‌وه‌یه‌دا، سه‌ره‌تا ئاستی گونجان بۆ هەر تایبه‌تمه‌ندییه‌کی داتا دیاری کراوه و نمره‌ی بۆ دانراوه (Bakirman, 2016, p. 11). دواتر، ئەو کیشانه‌ی (Weights) که له هه‌نگاوه‌کانی پینشوودا به‌ده‌ست هاتوون، خراونه‌ته‌ ناو پرۆسه‌ی هه‌لسه‌نگاندنی تۆره‌که‌وه. ئەم پرۆسه‌یه‌ که به "لیكدانی چینه‌کان" (Layer Multiplication) ناسراوه، نوینه‌رایه‌تی په‌یوه‌ندی نیوان پیکهاته‌کان ده‌کات و له‌ رینگه‌ی هاوکیشه‌ی تایبه‌ته‌وه‌ شیکاری بۆ ئەنجام ده‌دریت (Azizi, 2014, p. 9).

2. دیاریکردنی پیوه‌ره‌کان و راویژی ته‌کنیکی:

بۆ پیناسه‌کردنی پارامیته‌ره‌کانی مۆدیل و پیوه‌ره‌کانی هه‌لسه‌نگاندن، راویژ به‌ کۆمپانیا تایبه‌تمه‌نده‌کانی بواری وزه و شاره‌زایانی که‌رته‌که‌ کراوه. ئامانج لهم راویژه‌ ناسینه‌وه‌ی ئەو پیوه‌رانه‌ بووه‌ که له‌ رووی تیچووی بنیاتنان، داها، و کارایی تۆرباینه‌کانه‌وه‌ کاریگه‌رییان هه‌یه. پیوه‌ره‌کان بۆ دوو به‌ش دابه‌ش کراون:

پیوه‌ره‌کانی سنووردارکردن (Restriction Criteria): بریتییه‌ له‌ دیاریکردنی مه‌ودای دووری له‌ (ده‌ریاچه، پروبار، ناوچه‌ پاریزراوه‌کان، شاره‌کان، هیلێ ئاسن، فرۆکه‌خانه‌کان، شوینی کانگاکان، و ویستگه‌ ته‌له‌فزیۆنییه‌کان). لهم‌ حاله‌ته‌دا، نزیکبوونه‌وه‌ لهم‌ شوینانه‌ هه‌یچ سوودیک به‌ پرۆژه‌که‌ ناگه‌یه‌نیت، به‌لکو ده‌بیته‌ هۆی دوورخستنه‌وه‌ی (Exclusion) شوینه‌که‌ (Kazim Baris Atici et al., 2015, p. 5).

پیوه‌ره‌کانی هه‌لسه‌نگاندن: ئەو فاکته‌رانه‌ن که‌ دوای استانداردکردن، کیشیان بۆ هه‌ژمار

ده‌کریت.

3. لایه‌نی ژینگه‌یی و پۆلینکردنی فاکته‌ره‌کان:

هه‌رچه‌نده کیلگه‌کانی با رۆوبه‌ریکی فراوان داگیرده‌که‌ن، به‌لام کاریگه‌ریی نه‌رینییان بۆ سه‌ر به‌کاره‌ینانی زه‌وی سنوورداره، چونکه ده‌کریت زه‌وییه‌که بۆ مه‌به‌ستی دیکه‌ی وه‌ک کشتوکالییش به‌کاربه‌یت. به‌لام پێویسته ر‌ه‌چاوی ژیرخانی کاره‌با و تۆره‌کانی گواسته‌وه بکریت. به‌پیی توژیینه‌وه‌کان (Villacreses, 2017, p. 10)، فاکته‌ره کاریگه‌ره‌کان بۆ چوار توخمی سه‌ره‌کی

پۆلین کراون که ده‌بنه خالی ده‌ستپیک بۆ AHP:

که‌شوه‌ه‌وا (Meteorological).

ژیرخان و خزمه‌تگوزاری (Infrastructure/Emergency).

شوین (Location).

ژینگه‌یی (Environmental).

4. ریژه‌ی کیشی پێوه‌ره‌کان (AHP Weighted Percentage):

به سوودوه‌رگرتن له توژیینه‌وه‌ هاشیوه‌کان و هاوکیشه ماتماتیکییه‌کان، کیشی کوتایی بۆ پێوه‌ره‌کان دیاری کراوه بۆ ده‌ستنیشانکردنی گونجاوترین شوین. وه‌ک له خشته‌ی ژماره (5) دا ر‌وونکراوه‌ته‌وه، دابه‌شبوونی ریژه‌ی گرنگی پێوه‌ره‌کان به‌م شیوه‌یه‌ی خواره‌وه بووه: قه‌باره‌ی وزه‌ی سالانه‌ی با: ۳۰٪ (گرنگترین توخم). چ‌ری هیزی با: ۳۰٪. خیرایی با: ۲۵٪. پله‌ی لیژی:

۸٪. به‌رزی له ئاستی ر‌ووی ده‌ریا: ۷٪.

خشته‌ی (2) کیشی ریژه‌یی

پنودر	ریژه	پله‌بندی	(+)	(-)
1	خیرایی با	2	4.30%	4.30%
2	قه‌بارهی وزه	1	20.60%	20.60%
3	به‌رزی	4	1.60%	1.60%
4	لیژی	5	3.30%	3.30%
5	ELC II	2	4.30%	4.30%

خشته‌ی ژماره (1) کاری تویژه به به‌کاره‌ینانی مؤدیلی AHP و کرداری Overlay
.weighted

خشته‌ی (3) زنجیره‌ی پله‌بندی پیوه‌ره‌کان له ریگای (ANP-AHP)

AHP priorities 2024.01.29 14:37:17

5	خیرایی با	قه‌بارهی وزه	به‌رزی	لیژی	ELC II
1	1	0.5	1	1	1
2	2	1	4	7	2
1	1	0.25	1	1	1
1	1	0.142857	1	1	1
1	1	0.5	1	1	1
0.148673		0.459101	0.126523	0.11703	0.148673
5.182153		0.040495			

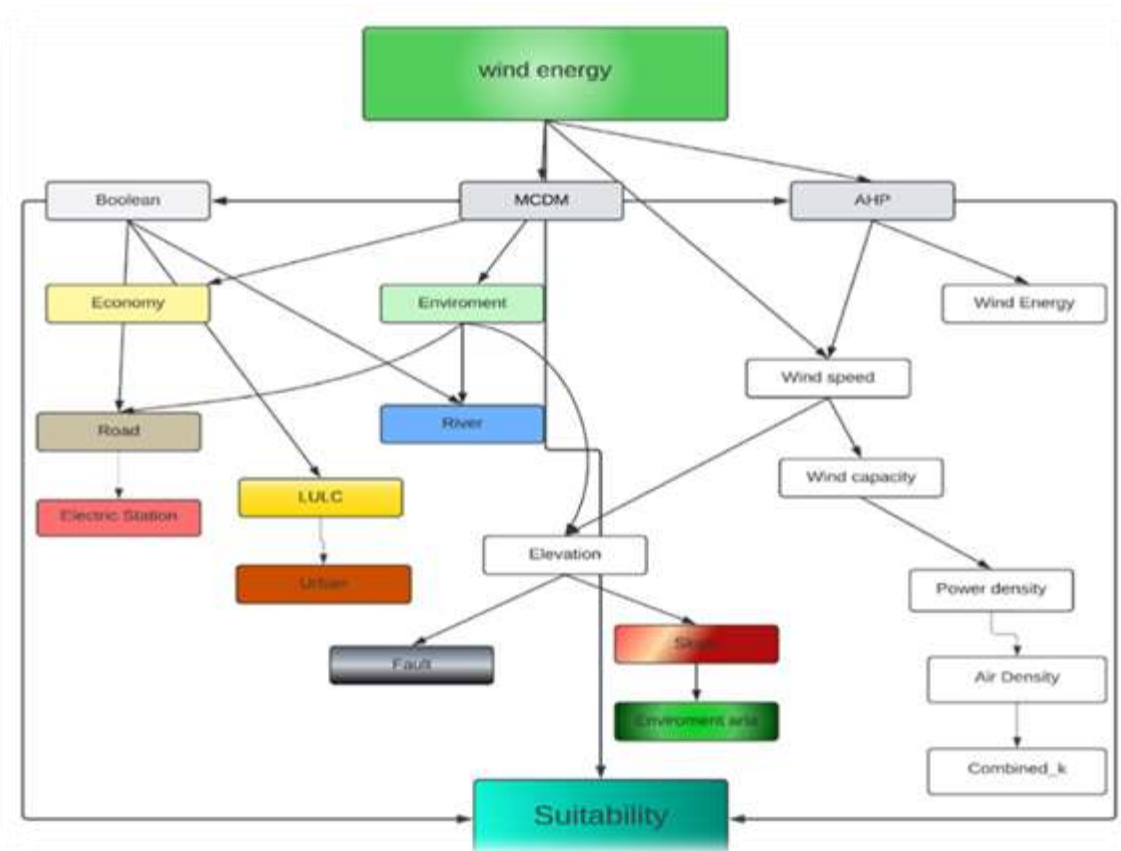
خشته‌ی (4) پله‌ی په‌یوه‌ندی نیوانی پیوه‌ره‌کان

1	2	3	4	5	
1	1	0.50	1.00	1.00	1.00
2	2.00	1	4.00	7.00	2.00
3	1.00	0.25	1	1.00	1.00
4	1.00	0.14	1.00	1	1.00
5	1.00	0.50	1.00	1.00	1

Number of comparisons = 10
Consistency Ratio CR = %4.0
 Principal eigen value = 5.182
 Eigenvector solution: 5 iterations, delta = 9.4E-9

داتا‌که په‌سه‌نده و $CR = 0.04$ (یان 4%) له AHP دا واته ریژه‌ی هه‌له‌که گه‌وره نییه و په‌سه‌ندکراوی قبول‌کراوه. په‌سه‌ندبوونی دهره‌نجام به‌پیی ریژه‌کاری AHP: $CR \leq 0.10$ (یان 10%) → دهره‌نجام قبول‌ه $CR \leq 0.05$ دهره‌نجام زور گونجاوه ده‌توانریت بلین توخم‌کردن و هه‌لبزاردنه‌کان له یه‌ک گرنگی بوون و هیچ هه‌له‌یه‌لی گه‌وره نییه. له م داتایه‌یانه‌ی له خشته‌ی () دا روونکراونه‌ته‌وه $CR = 0.04$ زور باشه $\lambda_{max} = 5.182$ جیاوازی زور نیه له $n=5$ → ئه‌مه دهرخستنی consistency دووپاتکراوه ده‌کات، algorithm → Iterations = 5 به سه‌رکه‌وتووی ئه‌نجامدراوه، هه‌روه‌ها ئه‌م خشته‌یه: پیشان ده‌دات توخم‌کردنه‌کانی 1، 2، 3، 4 له هاوبه‌شی کردندا consistent بوون، پاشماوی نرخی eigenvector واته به‌ها وکیش به دروستی جیگیر کراون. دهره‌نجامه‌کان 100% په‌سه‌ندن و ده‌کریت به دلنیا‌یی‌وه وه‌زنه‌کان به‌کاربرین بو مؤدیلی AHP.

شیوهی ژماره (1) ، میتودی لیکولینهوه

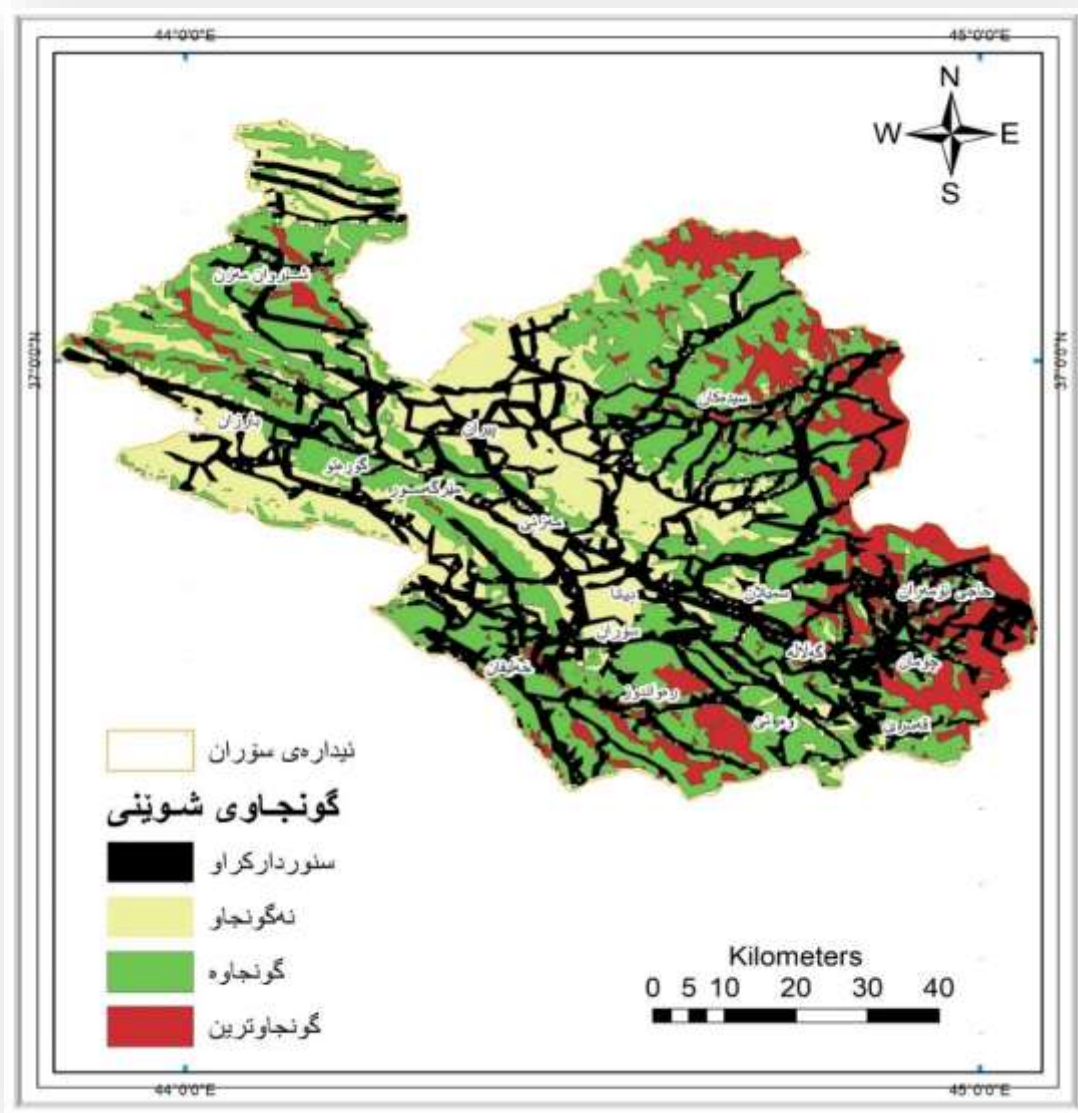


دهره‌نجامه‌کانی شیکاریی شوینی و نه‌خشهی گونجان (RESULTS AND SUITABILITY MAP)

دهره‌نجامی ئەم پرۆسه‌یه له نه‌خشهی ژماره (4) دا به‌دیارخراوه، که تیندا ناوچهی لیکولینه‌وه به‌پیتی ئاستی شیایوی بو دامه‌زاندنی پرۆژهی کینگهی با، سنووردارکراو (Restricted): ئەم ناوچانه به هیچ شیوه‌یه‌ک بو جیبه‌جیکردنی پرۆژه‌که گونجاو نین و به‌های (0)یان وه‌رگرتووه، له‌به‌رئوه‌ی ده‌که‌ونه چوارچێوه‌ی به‌ربه‌سته سروشتی و مرۆییه‌کانه‌وه، وه‌ک: (ناوه‌پراستی رینگاوبانه‌کان، ئاراستهی رووباره‌کان، و ناوچه‌ی هیله‌شکاوه‌کان/Faults). نه‌گونجاو (Unsuitable): ئەو ناوچانه‌ن که مه‌رجه پێویسته‌کانیان تیندا نییه و له پله‌به‌ندییه‌که‌دا نمره‌ی نزمیان هیناوه. گونجاو (Suitable): ئەو ناوچانه ده‌گریته‌وه که تایبه‌تمه‌ندییه‌ جوگرافییه‌کانیان تا ئاستیکی باش رینگه به جیبه‌جیکردنی پرۆژه‌که ده‌دات.

گونجاوترین (Most Suitable): ئەمە باشترین پۆله و وهك ئامانجی سه‌ره‌كی تووژینه‌وه‌كه ده‌ستنیشان ده‌كریت، كه تییدا هه‌موو پێوه‌ره‌كان له به‌رزترین ئاستیاندان بۆ دابینكردنی زۆرتین ب‌ری وزه و خاوه‌نی باشترین توانستی جوگرافین.

نه‌خشه‌ی ژماره (4) هه‌لبژاردنی ناوچه‌ی گونجاو بۆ كیله‌گی وزه‌ی با



کاری تویژر: پشت بهست به 4 AHP & BOOLEAN MODEL

خشتهی ژماره (3) رووبه‌ری پۆلینکراو له ده‌ره‌نجامی نه‌خشه‌ی ژماره (4) به‌ده‌سته‌توووه ، هه‌روه‌ها پۆلینکراوه بۆ چوار ئاست ، رووبه‌ری ناوچه سنوردارکراوه‌کان نزیکه‌ی 1785 کم 2 و به‌ریژه‌ی 32٪ ، ناوچه نه‌گونجاوه‌کان نزیکه‌ی 1148 کم 2 و ریژه‌ی 20٪ ، رووبه‌ری ناوچه نه‌گونجاوه‌کان نزیکه‌ی 1937 کم 2 و ریژه‌ی 35٪ ، ئەو ناوچانه‌ی گونجاوترین بۆ پرۆژه‌ی کیلگه‌ی با نزیکه‌ی 650 کم 2 و 11٪ له کۆی رووبه‌ری ناوچه‌ی لیکۆلینه‌وه که نزیکه‌ی 5520 کم 2 ریژه‌ی 100٪.

خشته‌ی ژماره (3) رووبه‌ری پۆلینکراو

کۆی گشتی رووبه‌ر	گونجاوترین	گونجاو	نه‌گونجاو	سنوردارکراو	رووبه‌ری پۆلینکراو کم 2 ریژه‌ی رووبه‌ر
5518.880057	650.091717	1936.859565	1147.474211	1784.454564	
100.00%	11.78%	35.10%	20.79%	32.33%	

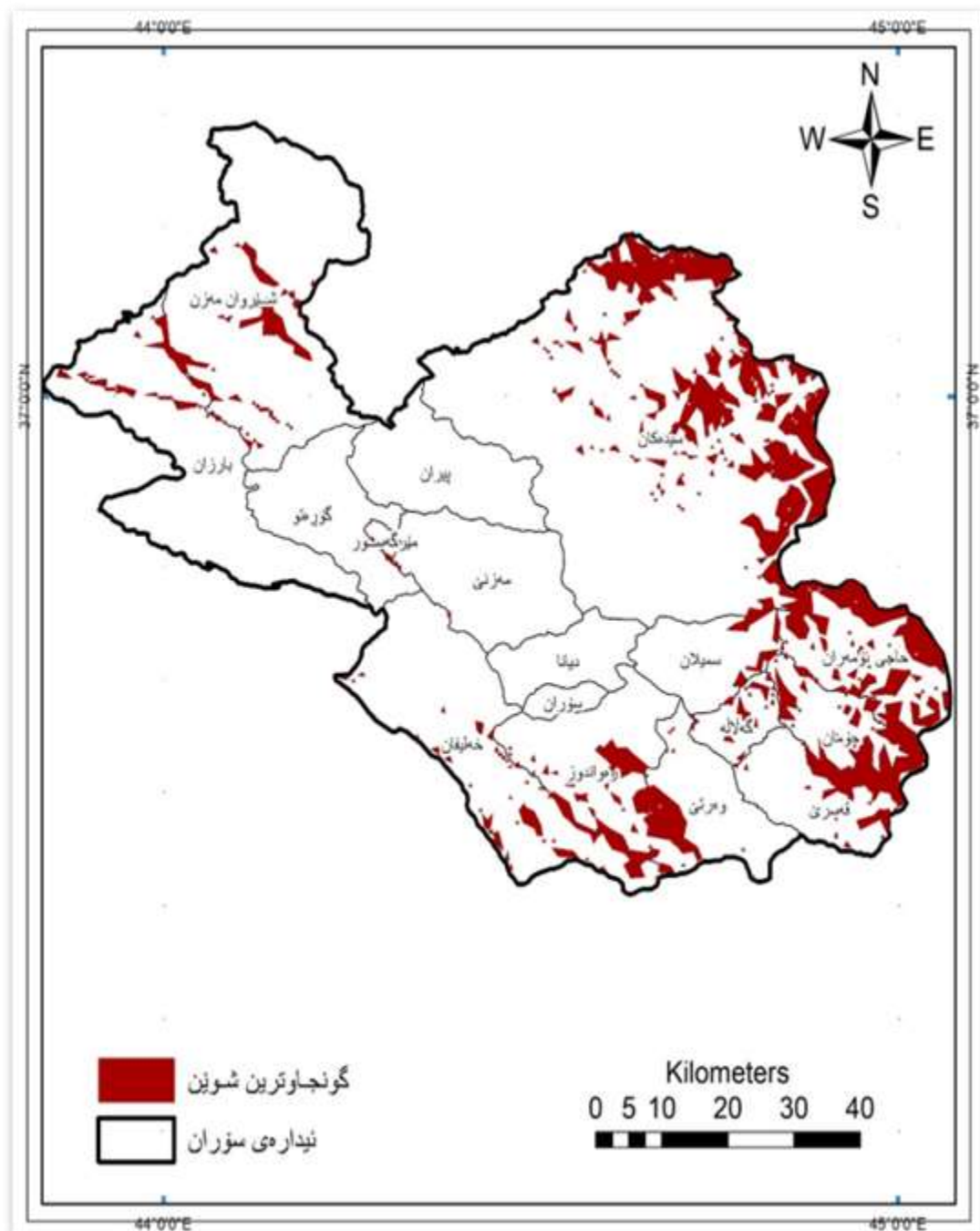
کاری تویژر پشت بهست به نه‌خشه‌ی ژماره 4

گونجاوترین شوین (MOST SUITABILITY)

پراکتیکردنی هه‌ر یه‌ک له پێوه‌ره ژینگه‌یی و ئابوورییه‌کان له‌سه‌ر جیاواز پرۆسه‌ی هه‌لبژاردنی گونجاوترین شوین به‌ کرداری `set null; SQL. Value=<4`، دواتر به‌ کرداری `Raster to polygon` توانراوه رووبه‌ر پۆلین بکریته و ده‌ست نیشانی گونجاوی شوینی بکریته و جیا بکریته‌وه، نه‌خشه‌ی ژماره (5) به‌های جیاواز بۆ ده‌رخستنی گونجاوترین شوین، له سۆران به‌شی زۆری که‌وتۆته (سیده‌کان ،خه‌لیفان) ، له رواندز (سه‌نته‌ری رواندز ، وه‌رتی) له میترگه

سور (شیروان مەزن ، بارزان ، گۆرەتوو ، مەزنی)، لە چۆمان (حاجی ئۆمەرەن ، سەنتەری چۆمان ، گەلالە ، سمیلان ، قەسرئ).

نەخشەی ژمارە (5) گونجاوترین شوین بۆ وزەى با



سەرچاوه کارى تویژه: پشت بەست کردارى 5 MOST SUITABILITY MODEL

پوخته‌ی دهره‌نجام CONCLUSION

دوای پراکتیکردنی ته‌واوی ئەو هه‌نگاوانه‌ی پیشتر باسکران له‌سه‌ر ناوچه‌ی لیکۆلینه‌وه ، توێژینه‌وه‌که دهرباره‌ی هه‌لبژاردنی گونجاوترین شوین بو کێلگه‌ی وزه‌ی با گه‌یشتوو به‌چه‌ند دهره‌نجامیک:

سیده‌کان ئەو رووبه‌ره‌ی گونجاوترین شوینه بو به‌ره‌مه‌یتانی وزه‌ی کاره‌با له‌ وزه‌ی با (268.4کم2) و ریژه‌ی (41.2%).

حاجی ئۆمه‌ران ئەو رووبه‌ره‌ی گونجاوترین شوینه بو به‌ره‌مه‌یتانی وزه‌ی کاره‌با له‌ وزه‌ی با (107.4کم2) و ریژه‌ی (16.5%).

رواندز (67کم2) و ریژه‌ی (10.3%) و چۆمان (67.6کم2) و ریژه‌ی (10.4%).

شیروان مه‌زن (40.7کم2) و ریژه‌ی (6.27%)، خه‌لیفان (29.07کم2) و ریژه‌ی (4.47%).

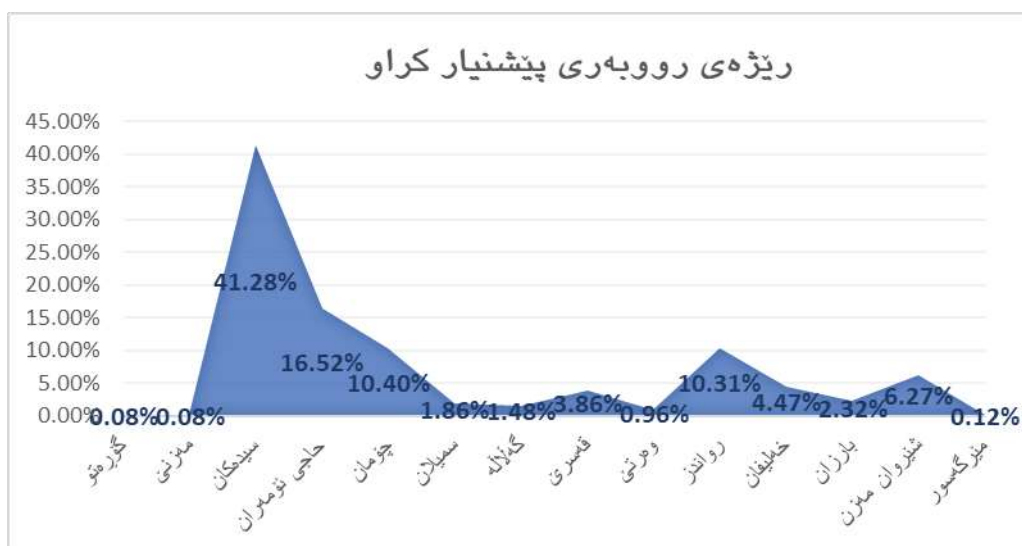
کۆی ریژه‌ی (11%) ، دابه‌ش بووه به‌سه‌ر یه‌که کارگێڕیه‌کانی تر ، وه‌ک له‌ خشته‌ی ژماره (3) دا روونکراوه‌ته‌وه.

خشته‌ی ژماره (4) دهست نیشانکردنی گونجاوترین رووبەر

ریژهی رووبەر	رووبەر/کم	یه‌که‌ی کارگیری	ن
0.08%	0.493766	گوره‌تو	1
0.08%	0.549276	مه‌زنی	2
41.28%	268.4696	سیده‌کان	3
16.52%	107.4628	حاجی ئومهران	4
10.40%	67.63949	چومان	5
1.86%	12.10612	سمیلان	6
1.48%	9.637113	گه‌لاله	7
3.86%	25.09117	قه‌سری	8
0.96%	6.251607	وه‌رتی	9
10.31%	67.03913	رواندز	10
4.47%	29.07322	خه‌لیفان	11
2.32%	15.06486	بارزان	12
6.27%	40.75611	شپروان مه‌زن	13
0.12%	0.792087	میرگه‌سور	14
100.00%	650.4263	کوی گشتی	

خشته‌ی ژماره (3)، پشت به‌ست به نه‌خشته‌ی ژماره (5)

شیوه‌ی ژماره (2)



کاری تویژەر پشت بهست به خشتهی ژماره (3)

گفتوگۆی تویژینهوه DISCUSSION

تۆربایینی با بهگویرهی تایبهتمهندی ناوچهیی و خیرایی با جووری تۆرباین دهگوریت له نیوان مهودای خیرای و قهبارهی تۆرباین بو بهرهم هینانی وزه. بهکارهینانی تۆرباینی بای ئاسویی بهریلاترین تهکنهلوژیاییه به قهبارهی بهرهمهینانی جیاواز. ریژهی ئاسایی له نیوان 500 کیلووات بو 5 میگاواته. له ئیستادا چهندین جووری تهکنهلوژیای تۆرباینی با بهکاردههینرین، ویستگه ئاساییهکانی کارهباي با له سهدان تۆرباین پیکدین، ههموویان ههمان تهکنهلوژیا بهکاردههینن. ئەم تهکنهلوژیایه له رووی تیچوون و ئالۆزی و کارایی بهرهمهینانی وزه با و ئامیره بهکارهینراوهکانهوه جیاوازن. تۆرباینیکی بای ئاسایی کۆبوونهوهی پۆتۆری تیغ و ناوهند بهکاردههینیت بو دروستکردنی هیز له با، گێر بۆکس بو بهرزکردنهوهی خیرایی شهفت له پۆتۆری هیواش دهسورپتهوه بو خیراییه بهرزهکانی پیویست بو جولهی مولیده، وهک وزهیهکی ئەلکترۆمیکانیکی ئامیری گۆرین. ئامیره بهیهکهوه بهسترارهکانی وهک یهکهکانی بهرهمهینان بههوی سروشتی ناهاوسهنگیانهوه بهربلاوه له بهرئهوهی پاراستنی خیرایی هاوکاتی بهردهوام بو بهکارهینانی مولیدهی هاوکات بههوی سروشتی گۆراوی خیرایی با ئەستهمه. گۆرینی ئەلیکترۆنی هیز بهکاربهینریت بو ریکخستنی هیزی راستهقینه و کارلیککهری تۆرباین. (ESIG), (2023) دهکریت لایهنی پهیوهندار بهتایبهتی شارهزایانی بواری ئەندازیاری میکانیکی و کارهبا لیکۆلینهوهی داهاتوو له ناوچهی لیکۆلینهوه ئەنجام بدەن بو جوور و قهبارهی گونجاوی تۆرباینی بهرهمهینانی وزه با.

راسپارده

دهکریت ئەم توژیینه وهیه بکریته بنه مایهک بو پروژهی به رهه م هیتانی کاره بای وزهی با له ناوچهی لیکۆلینه وه.

بانگیشت کردنی کۆمپانیاکانی بواری وزهی نویبوه وه له سهه ر ئاستی ناوه خو و دهره کی، بو کنه و پشکنین و دروستکردنی کینگه ی وزهی با.

ئاراسته ی لیکۆلینه وه کانی داهاتوو له لایه ن شاره زایانی بواری وزهی نویبوه وه دهره باری جوهره کانی تۆرباین بو به رهه مهیتانی قه باری ئەو وزهی به رهه م دههینن و له گه ل خیرایی و چری هیزی با له ناوچه ی لیکۆلینه وه که ده گونجین.

سهه رچاوه

(ESIG), E. S. (2023, 8 9). *Wind Turbine Technologies*. Retrieved from Energy Systems Integration Group (ESIG):

<https://www.esig.energy/wiki-main-page/wind-turbine-technologies/>

Affairs, U. N. (2018). World Urbanization Prospects. *The 2018 Revision, Methodology*, (p. 252).

Alexander Kalmikov, P. D. (2017). *Wind Power Fundamentals*. 77 *Massachusetts Ave, Cambridge, MA 02139, USA*. , 5.

Analytical Hierarchy Process. (2023, 3 14). Retrieved from science direct: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/analytical-hierarchy-process>

- Azizi, A. (2014). Land suitability assessment for wind power plant site selection using ANPDEMATEL. *Springer*, 9.
- Bakirman, M. U. (2016). An assessment of site suitability for marina construction. *Springer*, 2.
- Copernicos Open Access Hub*. (2022, 7 25). Retrieved from Copernicos: <https://scihub.copernicus.eu/>
- Ehsan Noorollahi, D. F. (2016). Land Suitability Analysis for Solar Farms. Tehran: Amirkabir University of Technology.
- Kazim Baris Atici a, *. A. (2015). A GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis approach for wind. *ELSEVIER*, 6.
- Landsat Science*. (2022, 7 26). Retrieved from NASA: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>
- LINKOV, I. V. (2004). . Multi-criteria decision.
- mapps, n. (2023, 9 22). *MAP*. Retrieved from Global Wind Atlas: <https://globalwindatlas.info/en/>
- O'Donnell, R. (2021). *ANALYSIS OF BOOLEAN FUNCTIONS*. y Cambridge University.
- Rasul, G. R. (2021). A GIS-Based Boolean Logic-Analytical Hierarchy Process for Solar Power Plant (Case study: Erbil Governorate – Iraq). *Research Gate*, 1.

Schneider, W. (2022). *Open Street Map* . Retrieved from bbbike extract:

<https://extract.bbbike.org/>

USGS science for a change World. (2013). Retrieved from NASA:

<https://www.usgs.gov/>

Uyan, M. (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process. *ELSIEVER*, 11.

Villacreses, G. (2017). Wind farms suitability location using geographical information system. *ELSEVIER*, 10.

(2018)حکومه‌تی هه‌ریمی کوردستان . هه‌ولێر: وه‌زاره‌تی کشتوکال و سه‌رچاوه‌کانی ئاو / هۆبه‌ی که‌شناسی.

اختیار الموقع الأمثل لإستثمار محطات طاقة الرياح وفق نموذج (Boolean - AHP): إدارة سوران المستقلة أنموذجاً

الملخص:-

تُعد طاقة الرياح إحدى أهم مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة، وتتطلب تقييماً مكانياً دقيقاً استناداً إلى معايير طبيعية وبشرية بهدف تحديد أفضل المواقع للإنتاج. يكمن الهدف الرئيسي لهذه الدراسة في تحديد أنسب موقع لإنشاء مزرعة لطاقة الرياح ضمن حدود إدارة سوران المستقلة. ولتحقيق هذا الهدف، تم الاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال دمج النموذج المنطقي (Boolean) لاستبعاد المناطق المقيدة (ذات القيمة صفر)، ونموذج عملية التحليل الهرمي (AHP) لتحديد أوزان لـ (10) معايير طبيعية وبشرية، أبرزها (سرعة الرياح، طاقة الرياح السنوية، وكثافة طاقة الرياح). أظهرت النتائج تبايناً في توزيع مساحات المناطق الملائمة على مستوى الوحدات الإدارية؛ حيث جاءت ناحية سيدكان في المرتبة الأولى كأنسب منطقة بنسبة (41%)، تليها حاجي عمران (16%)، وكل من رواندز وجومان بنسبة تقارب (10%). في المقابل، سُجلت أقل مساحة ملائمة في ناحية جوريتو (0.08%) ومزني (0.008%)، بينما لم يسجل قضاء سوران أي مساحة ملائمة (0%).

الكلمات المفتاحية: طاقة الرياح، عملية التحليل الهرمي (AHP)، نموذج بولياني (Boolean)، التقييم المكاني، إدارة سوران المستقلة.