–174-177 бетлар.

10. Н.Н. Ходжибаев. Гидрогеолого-мелиоративное районирование. – Ташкент, изд. ФАН. 1975. – 23-89 стр.

11. Исмонов А., Каландаров Н., Мамажанова У., Каттаева Г., Дўсалиев А. Почвенно-экологические проблемы Аральского моря. // «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса». Сборник материалов научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В.П.Зволинского и 30 летию ФГБНУ “ПАФНЦ РАН”. С. Соленое Займище. – Астрахан. 2021г. – 608-611 стр.

12. Ismonov A.J., Dusaliev A.T, Mamajanova U.Kh. Origin, geology, lithology and relief of the Aral sea. // ACADEMICIA: an International Multidisciplinary Research Journal. Vol.13, Issue 3, March 2023. pp-22-27. https://saarj.com.

13 .А. Исмонов, Ў. Мамажанова. Saline soils of the Aral sea region and their rational use. FAO.2022. Halt soil salinization, boost soil productivity –Global Symposium on Salt-Affected Soils, 20-22 october 2021. Proceedinds. pp. 57-58. Rome. https://doi.org/doi_number, 2022.

14. Ismonov A., Do‘saliyev A., O‘. Mamajanova. Orol dengizi qurigan tubi tuproq-grunt-larining morfogenetik tuzilishi. Ўзбекистон Миллий Университети хабарлри, – Ташкент, – 2023, № 3/2. – 54-57 бетлар.

УЎТ 631.4

ДАЛА ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ ТАҲЛИЛ НАТИЖАЛАРИНИ ЎЗАРО ТАҚҚОСЛАШ ВА КАЛИБРОВКА ҚИЛИШ

Баходиров Зафар Абдувалиевич,
б.ф.ф.д., PhD, к.и.х., бўлим мудири

Тупроқшунослик ва агрокимёвий тадқиқотлар институти

Аннотация. Ушбу мақолада тупроқ озуқа моддалари учун дала ва сунъий интеллект таҳлил натижаларини таққослаш ва калибровкалаш масаласи ўрганиб чиқилди. Натижалар сунъий интеллект моделини калибровкалаш зарурлигини кўрсатиб, иккита усул ўртасидаги айрим номувофиқликни аниқлади. Калибровкалаш икки кенг қўлланилувчи калибровкалаш алгоритмлари Platt Scaling ва Isotonic Regression орқали амалга оширилди ва уларнинг самарадорлиги баҳоланди. Натижалар тупроқни ишончли таҳлил қилиш учун дала ва сунъий интеллект таҳлили натижаларини солиштириш ва калибровкалаш муҳимлигини кўрсатди.

Калит сўзлар: тупроқ таҳлили, сунъий интеллект, дала-тупроқ таҳлили, калибровкалаш, Platt Scaling, Isotonic Regression.

Аннотация. В этой статье рассматривается сравнение и калибровка результатов полевого анализа и анализа искусственного интеллекта питательных веществ в почве. Результаты выявили некоторые несоответствия между двумя методами, что указывает на необходимость калибровки модели искусственного интеллекта. Калибровка проводилась с использованием двух широко используемых алгоритмов калибровки: Platt Scaling и Isotonic Регрессия, и оценивалась их эффективность. Результаты показали важность сравнения и калибровки результатов полевого и анализа искусственного интеллекта для надежного анализа почвы.

Ключевые слова: анализ почвы, искусственный интеллект, полевой анализ почвы, калибровка, Platt Scaling, Isotonic Regression.

Annotation. This article discusses the comparison and calibration of field and artificial intelligence analysis of soil nutrients. The results revealed some inconsistencies between the two methods, indicating the need to calibrate the AI model. Calibration was performed using

two widely used calibration algorithms: Platt Scaling and Isotonic Regression, and their performance was assessed. The results showed the importance of comparing and calibrating field and artificial intelligence results for reliable soil analysis.
Key words: soil analysis, artificial intelligence, field soil analysis, calibration, Platt Scaling, Isotonic Regression.

Кириш. Ишончли ва аниқ тупроқ таҳлили натижалари қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлигини ошириш ва ер ресурсларидан самарали фойдаланишда муҳим аҳамиятга эга. Анъанага кўра, тупроқ намуналарини олиш каби дала таҳлил усуллари ва лаборатория синовлари тупроқ хусусиятларини баҳолашнинг асосий воситалари бўлиб келган. Бироқ, сунъий интеллект технологияларидаги сўнгги ютуқлар сунъий йўлдош тасвирлари, сенсор тармоқлари ва тарихий маълумотлар каби турли манбалардан олинган маълумотларни таҳлил қилиш орқали тупроқ мониторинги учун янги имкониятлар очди.

Бугунги кунда тупроқшунослик соҳасида сунъий интеллект технолгияларидан фойдаланиш бўйича кенг кўламли илмий ишлар олиб борилмоқда. Жумладан, McBratney ва бошқалар томонидан таклиф қилинган рақамли тупроқ хариталаш тизими орқали ёрдамчи ўзгарувчилар ва тупроқ хусусиятларини ўзаро боғлаш учун кўплаб башорат моделлари ишлаб чиқилган ва жорий этилган. Масалан, Minasny ва бошқалар тупроқ органик моддасини моделлаштириш ва тупроқ органик моддасининг атроф-муҳит ковариативлари билан алоқасини ҳар томонлама таҳлил қилди. Анъанавий ёндашувлар билан солиштирган ҳолда тупроқ хоссаларини ўрганиш учун умумлаштирилган чизиқли моделлар, регрессия дарахти моделлари, тасодифий ўрмон, кубист, вектор регрессиясини қўллаб-қувватлаш ва тасодифий ўрмон регрессияси каби сунъий интеллект алгоритмларидан фойдаланилган [1-11].

Сунъий интеллект асосидаги тупроқ таҳлили катта потенциал имкониятларга эга бўлсада, унинг натижаларини анъанавий дала таҳлили орқали олинган натижалар билан таққослаш ва калибровкалаш жуда муҳимдир. Бу тупроқ ресурсларини бошқариш бўйича асосли қарорлар қабул қилиш учун фойдаланиладиган маълумотларнинг тўғрилиги ва ишончлилигини таъминлайди.

Тадқиқот услублари. Ушбу тадқиқот тупроқдаги озуқа моддаларининг миқдори учун дала ва сунъий интеллект таҳлиллари натижаларини таққослайди ва калибровкалайди. Тупроқ намуналари Сирдарё вилояти Мирзаобод туманида тарқалган суғориладиган бўз-ўтлоқи тупроқлардан олинган. Тупроқдаги озуқа моддалари, жумладан, ҳаракатчан фосфор ва алмашинувчан калий бўйича умумқабул қилинган усулларидан фойдаланган ҳолда лаборатория таҳлиллари ўтказилди.

Сунъий интеллект моделлари сунъий йўлдош тасвирлари, тупроқ тадқиқотлари ва тарихий маълумотлардан фойдаланган ҳолда ишлаб чиқилган. Ушбу моделлар ўрганилаётган ҳудуд бўйлаб тупроқ хусусиятларини башорат қилиш учун ўқитилган. Кейин сунъий интеллект моделларининг башоратлари лаборатория таҳлиллари натижалари билан таққосланди, тегишли номувофиқликлар аниқланди. Олинган натижалар асосида сунъий интеллект моделларининг тўғрилиги баҳоланди.

Сунъий интеллект моделларининг аниқлигини ошириш учун иккита машҳур калибровкалаш алгоритмидан фойдаланилди: Platt Scaling ва Isotonic Regression. Ушбу алгоритмлар

ISSN 2181-0826 2/2024 y.

сунъий интеллект моделларининг башоратларини дала маълумотларига яхшироқ мослаштириш учун қўлланилди. Ҳар бир калибровкалаш алгоритмининг самарадорлиги калибрланган башоратларни лаборатория таҳлиллари натижалари билан солиштириш орқали баҳоланди.

Тадқиқот натижалари. Маълумки, исталган моделлаштириш натижаларини баҳолаш учун бевосита анъанавий усул билан олинган натижаларга модел натижаларини ўзаро таққослаш ва таққослаш натижаларига кўра калбировка қилиш жуда муҳим ҳисобланиб, ушбу жараёнда ишлаб чиқилган модел баҳоланади ва унинг аниқлиги оширилиб борилиши учун шароит яратилади.

Дала таҳлили натижаларини сунъий интеллект таҳлили натижалари билан тупроқ мониторинги натижалари билан солиштириш ва калибрлашда бир нечта омилларни ҳисобга олиш керак.

Маълумотларни тўплаш: Дала таҳлили муайян жойлардан тупроқ намуналарини йиғиш ва уларни лаборатория ёки портатив синов тўпламлари ёрдамида таҳлил қилишни ўз ичига олади. Бошқа томондан, сунъий интеллект таҳлили масофадан зондлаш, сенсор тармоқлари ва архив маълумотлари каби турли манбалардан олинган маълумотлардан фойдаланади. Дала таҳлили ва сунъий интеллект таҳлил усуллари изчил ва ўрганилаётган соҳага мос келишига ишонч ҳосил қилиш зарур.

Параметрларни таққослаш: дала таҳлили ва сунъий интеллект таҳлилидан олинган натижаларни тупроқнинг озуқа моддалар билан таъминланганлик даражаси, pH, органик моддалар (гумус) миқдори ёки намлик каби аниқ параметрлари учун солиштириш зарур. Икки натижалар тўплами ўртасидаги номувофиқлик даражаси баҳоланади. Таққослаш натижасида пайдо бўлиши мумкин бўлган ўзига хосликлар, тенденциялар ёки вариацияларни қидириш зарур.

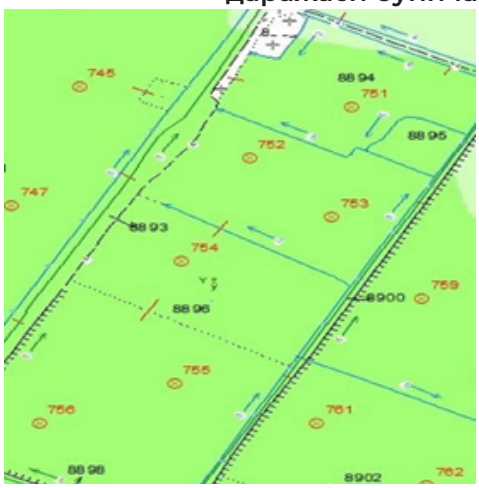
Калибровкалаш: Дала таҳлили ва сунъий интеллект таҳлили натижалари ўртасида тафовутлар бўлса, калибровкалаш зарур бўлади. Калибровкалаш сунъий интеллект моделини ёки алгоритмини дала таҳлили маълумотларига яхшироқ мослаштиришни ўз ичига олади. Буни сунъий интеллект моделига дала маълумотларини киритиш, алгоритмларни созлаш ёки статистик усулларни қўллаш орқали амалга ошириш мумкин.

Тасдиқлаш: сунъий интеллект таҳлили натижаларини мустақил дала таҳлиллари ёки кузатишлар билан солиштириш орқали тасдиқлаш мумкин. Бу сунъий интеллект таҳлилининг аниқлиги ва ишончлилигини баҳолашга ёрдам беради. Агар сунъий интеллект таҳлили доимий равишда аниқ натижаларни берса, у дала таҳлилига ишончли муқобил ёки қўшимча бўлиб хизмат қилиши мумкин.

Дала таҳлили натижаларини сунъий интеллект таҳлили натижалари билан солиштириш ва калибровкалаш орқали тадқиқотчилар ва амалиётчилар тупроқ мониторинги ва қарорлар қабул қилишни яхшилаш учун иккала ёндашувнинг кучли томонларидан фойдаланишлари мумкин. Бу сунъий интеллект технологияларининг самарадорлиги фойдаланган ҳолда тупроқ хусусиятлари ва жараёнларини ҳар томонлама тушуниш имконини беради.

Сунъий интеллект технологиялари асосида ишлаб чиқилган моделлар ёрдамида тупроқларнинг озиқа моддалар билан таъминланганлик ҳолатини анъанавий усулларда қилинган ишлар билан таққосланганда қуйидаги натижалар аниқланди (18-25-жадваллар).

19-жадвал. Тупроқ таркибидаги харакатчан фосфор миқдорини таминланганлик даражаси бўйича таққосланиши (мос келган)



Анъанавий усулларда баҳоланган



Сунъий интеллект технологиялари асосида баҳоланган

20-жадвал. Тупроқ таркибидаги алмашинувчи калий миқдорини таминланганлик даражаси бўйича таққосланиши (мос келган)



Анъанавий усулларда баҳоланган

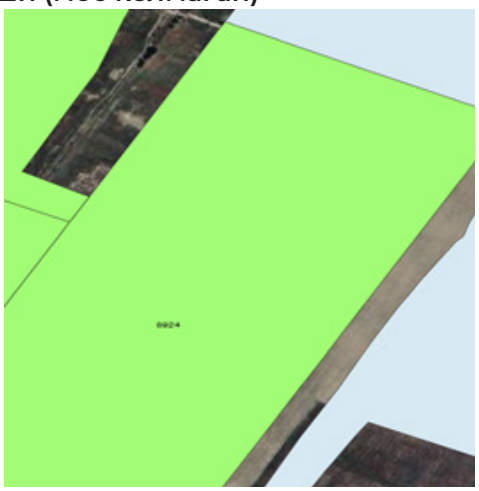


Сунъий интеллект технологиялари асосида баҳоланган

22-жадвал.Тупроқ таркибидаги харакатчан фосфор миқдорини таминланганлик даражаси бўйича таққосланиши (мос келмаган)



Анъанавий усулларда баҳоланган



Сунъий интеллект технологиялари асосида баҳоланган

ISSN 2181-0826 2/2024 y.

23-жадвал.Тупроқ таркибидаги алмашинувчи калий миқдорини таминланганлик даражаси бўйича таққосланиши (мос келмаган)



Анъанавий усулларда баҳоланган



Сунъий интеллект технологиялари асосида баҳоланган

Юқорида келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдки, анъанавий усул билан бажарилган таҳлиллар ва сунъий интеллект таҳлиллари орасида фарқлар етарлича бўлиб, бу ушбу моделларнинг аниқлигига бевосита боғлиқ бўлади.

Тадқиқотларимизда анъанавий усул (дала тадқиқотлари, лаборатория таҳлиллари ва камерал, картографик ишлар) ва сунъий интеллект асосидаги таҳлиллар олиб борилганда олинган натижаларни ўзаро таққослаш ишлари олиб борилди. Таққослаш натижаларига кўра, ишлаб чиқилган моделларни калибровкалаш зарурияти борлиги аниқланди.

Сунъий интеллект моделини калибрлаш ушбу башоратларнинг аниқлиги ва ишончини ошириш учун модел башоратларига кичик, аммо мазмунли ўзгаришлар киритишни ўз ичига олади. Хусусан, моделни калибрлашдан мақсад моделнинг кутилаётган эҳтимоли ҳақиқатга мос келишини таъминлашдир.

Логистик регрессия ва векторли машиналарни қўллаб-қувватлаш каби бир нечта машҳур машина ўрганиш моделлари эҳтимоллик тахминларини таъминлаш учун қурилган. Бу эса сунъий интеллект моделини калибрлаш талабини талаб қилади. Бироқ, бу эҳтимоллик тахминлари жуда яхши созланмаган бўлиши мумкин, бу ҳолда улар ҳақиқатни англатмайди.

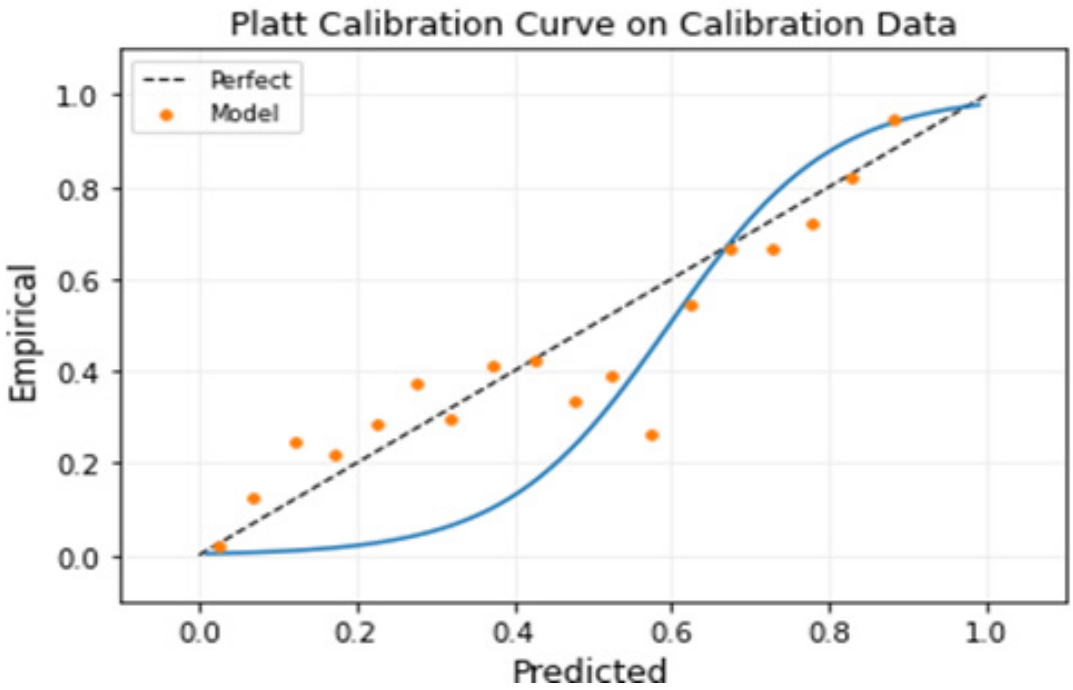
Сунъий интеллект моделларининг эҳтимолликларини калибрлашнинг иккита машҳур усули мавжуд, яъни,

(а) Platt Scaling

(б) Isotonic Regression

Platt Scaling сигмасимон шаклдаги ишончлилик эгри чизиғига эга бўлган кичик маълумотлар тўпламлари учун ишлатилади. Бу моделнинг башоратли эҳтимолини ўзгартириш учун калибрлаш участкасининг тепасига сигмасимон эгри чизиқ қўйиш сифатида тушунилиши мумкин (16-расм).

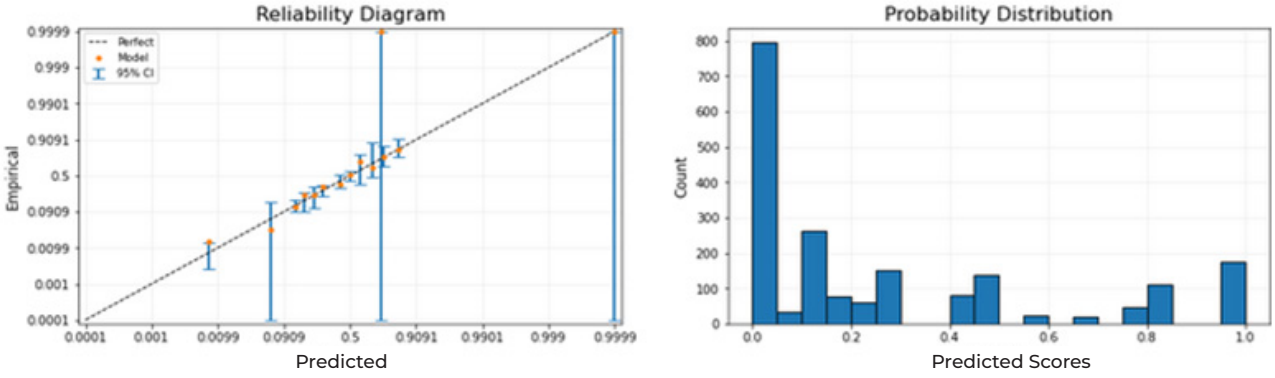
```
# Fit Platt scaling (logistic calibration)
lr = LogisticRegression(C=999999999-99, solver='lbfgs')
lr.fit(preds_uncalibrated_val.reshape(-1,1), y_val)
LogisticRegression(C=99999999999)
mli.plot_reliability_diagram(y_test, testset_platt_probs,error_bars=False);
tvec = np.linspace(.01, .99, 99)
plt.plot(tvec, lr.predict_proba(tvec.reshape(-1,1))[:,1]);
plt.title('Platt Calibration Curve on Calibration Data');
```



16-расм. Platt Scaling калибровка алгоритми билан олинган натижалар

Isotonic Regression янада мураккаб ёндашув бўлиб, кўпроқ маълумот талаб қилади. Изотоник регрессиянинг асосий афзаллиги шундаки, у моделнинг ишончлилик эгри чизиғининг сигма шаклида бўлишини талаб қилмайди. Бироқ, бу усул ташқи кўрсаткичларга сезгир ва катта маълумотлар тўпламлари учун яхши ишлайди (17-расм).

```
iso = IsotonicRegression(out_of_bounds = 'clip')
iso.fit(preds_uncalibrated_val, y_val)
testset_iso_probs = iso.predict(preds_uncalibrated_test)
plt.figure(figsize=(15,5))
mli.plot_reliability_diagram(y_test, testset_iso_probs,show_histogram=True, scaling='logit');
```



17-расм. Isotonic Regression калибровка алгоритми билан олинган натижалар

Ушбу тадқиқот натижалари тупроқни ишончли таҳлил қилиш учун дала ва сунъий интеллект таҳлиллари натижаларини таққослаш ва калибровкалаш муҳимлигини кўрсатади. Турли хил маълумотлар манбалари, модел чекловлари ва ўлчов хатолари туфайли иккала усул ўртасидаги номувофиқликлар пайдо бўлиши мумкин. Калибровкалаш ушбу номувофиқликларни бартараф этишга ёрдам беради ва сунъий интеллект башоратларининг аниқлиги ва ишончлилигини оширади.

Хулоса

Дала ва сунъий интеллект таҳлил натижаларини ўзаро солиштириш ва калибровкалаш тупроқ таҳлили учун

ISSN 2181-0826 2/2024 y.

сунъий интеллектнинг ишончлилиги ва самарадорлигини таъминлаш учун муҳим аҳамиятга эга. Ушбу тадқиқот тупроқ мониторинги аниқлигини ошириш учун сунъий интеллектнинг имкониятларини кўрсатади ва ишончли натижаларга эришиш учун калибровкалаш муҳимлигини кўрсатади. Анъанавий дала таҳлилининг кучли томонларини сунъий интеллект кучи билан бирлаштирган ёндашувни қўллаш орқали тадқиқотчилар тупроқ хусусиятларини янада кенгроқ тушунишга эришиш мумкин. Кейинчалик бу маълумотлар қишлоқ хўжалиги амалиётларини оптималлаштириш, тупроқ саломатлигини яхшилаш ва барқарор ер ресурсларини бошқаруви-ни тарғиб қилиш учун ишлатилиши мумкин.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

1. McBratney, A.B., Santos, M.M., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. – Geoderma – 117, 3, 52

2. Minasny, B., McBratney, A.B., Malone, B.P., Wheeler, I., 2013. Chapter one - digital mapping of soil carbon. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advances in Agronomy. Academic Press, – pp. 1, 47

3. Hengl, T., Heuvelink, G.B., Kempen, B., Leenaars, J.G., Walsh, M.G., Shepherd, K.D., Sila, A., MacMillan, R.A., de Jesus, J.M., Tamene, L., 2015. Mapping soil properties of Africa at 250 m resolution: random forests significantly improve current predictions. PLoS One 10, e0125814.

4. Malone, B.P., McBratney, A., Minasny, B., Laslett, G., 2009. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. – Geoderma 154 (1–2), –138, 152.

5. Lacoste, M., Minasny, B., McBratney, A., Michot, D., Viaud, V., Walter, C., 2014. High resolution 3D mapping of soil organic carbon in a heterogeneous agricultural landscape. – Geoderma – 213, 296, 311.

6. Wälder, K., Wälder, O., Rinklebe, J., Menz, J., 2008. Estimation of soil properties with geostatiscal methods in floodplains. Arch. Agron. Soil Sci. 54 (3), – 275, 295.

7. Karunaratne, S., Bishop, T., Baldock, J., Odeh, I., 2014. Catchment scale mapping of measureable soil organic carbon fractions. – Geoderma – 219, 14, 23.

8. Taghizadeh-Mehrjardi, R., Minasny, B., Sarmadian, F., Malone, B., 2014. Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran. – Geoderma – 213, 15, 28.

9. Pahlavan-Rad, M.R., Akbarimoghaddam, A., 2018. Spatial variability of soil texture fractions and pH in a flood plain (case study from eastern Iran). – Catena – 160, 275, 281.

10. Taghizadeh-Mehrjardi, R., Nabiollahi, K., Kerry, R., 2016. Digital mapping of soil organic carbon at multiple depths using different data mining techniques in Baneh region, Iran. – Geoderma – 266, 98, 110.

11. Forkuor, G., Hounkpatin, O.K., Welp, G., Thiel, M., 2017. High resolution mapping of soil properties using remote sensing variables in South-Western Burkina Faso: a comparison of machine learning and multiple linear regression models. PLoS One 12, e 0170478.