

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ МЕЖДУ ДВА ТИПА НА ОБРАБОТКА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ЧРЕЗ БЛА ОТ БИОЛОГИЧНО ПОЛЕ ОТ ЛИМЕЦ (*TRITICUM MONOCOCCUM* L.)

Милен Чанев^{1,2}, Лъчезар Филчев¹, Богдан Бончев³, Дарина Вълчева², Георги Желев¹

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

²Институт по земеделие – Карнобат – Селскостопанска академия

³Институт по растителни генетични ресурси „К. Малков“ – Садово – Селскостопанска академия
e-mail: mchanev@space.bas.bg

Ключови думи: БЛА, вегетационни индекси, биологично земеделие

Резюме: Целта на настоящото изследване е да се установи кой тип на обработка на данни получени от безпилотен летателен апарат (БЛА) е по-подходящ за прогнозиране на добивите от културата лимец отглеждана в условията на биологично земеделие. Сравнението е направено между данни получени от БЛА на ниво пиксел с големина 7 × 7 cm и при агрегиране на пикселите до големина на пиксела 1 × 1 m. Експериментът е проведен през стопанската 2020–2021 г. на сертифицирано биологично поле, намиращо се в община Първомай, област Пловдив.

A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN TWO TYPES OF DATA PROCESSING OBTAINED THROUGH UAV FROM A BIOLOGICAL FIELD WITH EINKORN (*TRITICUM MONOCOCCUM* L.)

Milen Chanev^{1,2}, Lachezar Filchev¹, Bogdan Bonchev³, Darina Valcheva², Georgi Zhelev¹

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²Institute of Agriculture - Karnobat - Agricultural Academy

³Institute of plant genetic resources “Konstantin Malkov” – Sadovo - Agricultural Academy
e-mail: mchanev@space.bas.bg

Keywords: UAV, vegetation indices, organic farming

Abstract: The aim of the present study is to determine which type of data processing obtained from an unmanned aerial vehicle (UAV) is more suitable for predicting the yields of the eikorn crop grown under organic farming conditions. The comparison is made between data obtained from the UAV at the pixel level of 7 × 7 cm and when aggregating the pixels to a pixel size of 1 × 1 m. The experiment was conducted during the agricultural year 2020–2021 on a certified organic field located in the municipality of Parvomai, Plovdiv region.

Въведение

Биологичното земеделие е селскостопанска система, която е приоритет в ЕС Митова (2014), показва ясни екологични предимства по отношение на токсичността за околната среда и използването на биологични ресурси (Nemesek et al. 2006). Зърнените култури заемат особено важно място в биологичното земеделие. Те са основните полски култури, от които се произвеждат детски и диетични храни и са много търсени както на нашия, така и на международния пазар (Атанасова и др. 2014).

Може би най-разпространената алтернативна зърнено-житна култура е лимецът, който вече е намерил своето място в биофермите и сред потребителите (Konvalina 2011). Лимецът е алтернатива за фермерите, които могат да включат друга култура в сеитбооборота си, което им гарантира стабилен добив в условия на рязко изменение на климата. Поради предимствата си лимеца е не само изключително ценно растение, като здравословен продукт с висока биологична стойност, но отглеждането му не изисква използването на продукти за растителна защита и минерални торове (Eisele & Korke, 1997).

Материали и методи

Дистанционни методи

Заснемането с БЛА се извърши по време на фенологичните фази вретенене (BBCH 45) и млечна зрялост (BBCH 75) с БЛА тип крило марка WingtraOne с мултиспектрална камера MicaSense RedEdge-MX и RGB камера Canon.

Първичната фотограметрична обработка на данните получени от БЛА е направена в специализираният софтуер Pix4D и включва създаване на ортофото мозайка на обследваното поле, създаване на цифров модел на терена DTM, създаване на цифров модел на земната повърхност DSM. В същият софтуер са генерирани и картите на вегетационни индекси (ВИ) по данни от БЛА.

ГИС методи

В ГИС среда от генерираните ВИ, за обследваното полето от БЛА, са извлечени стойностите на пикселите с големина 7×7 cm за всяка една от пробните площадки в полето, след което е направено агрегиране на пикселите до големина 1×1 m. Софтуерът, с който е извършена обработката на получените данни от БЛА е ArcGisPro.

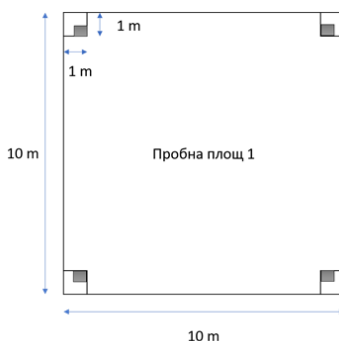
Биометрични измервания

Преди прибиране на реколтата в три различия на вегетационният индекс NDVI се взимат всички растения от метровка 0.25×0.25 m в 4 повторения схема на пробните площадки и метровките е представена на фигура 1.

Във всяка метровка са преброени всички растения, а върху 25 растения са проследени следните показатели: Височина на растенията (cm); Дължина на класа (cm); Зърна в класа (брой); Маса на зърното в класа (g); Биологичен добив (kg/da), изчислен по Енчев и др. (1984); Физични качества на зърното. Маса на 1000 зърна (g) е определена по /БДС 13358-76/ за 4 повторения.

Статистически анализи

Софтуерният продукт SPSS20, е използван за корелационен анализ за статистическо доказване на най-подходящите за употреба ВИ получени от БЛА на ниво пиксел и елементите на продуктивност и добива. Приема се, че когато коефициента на корелация (r) е от 0 до 0.33 - корелацията е слаба, когато r е в границите от 0.34 до 0.66 е средна и от 0.67 до 0.99 е силна (Маринков и Димова, 1999).



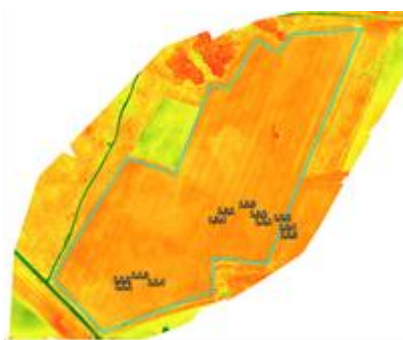
Фиг. 1. Схема на пробните площадки и метровките

Резултати

В Таблица 1 са представени установените корелационни връзки между добива и елементите на продуктивността и вегетационните индекси генерирани чрез заснемане с БЛА за фаза вретенене на ниво пиксел без агрегация (BBCH 45). Добивът като крайна резултативна величина е най-важният показател за посева. Поради това от най-голям интерес са корелациите между него и вегетационните индекси. Данните показват, че само BSI има силна положителна връзка с добива ($r=0.654^*$) на фигура 2 е представена картосхема на ВИ BSI във ваза вретенене.

През тази фаза доказани средни корелации съществуват с индексите VVI и VARI, като при VARI тя е отрицателна. С елементите на продуктивността са установени силни положителни корелации с TVI, TGI и BIM по показателя брой класоносни стъбла на m^2 като съответно ($r=0.666^*$, $r=0.723^{**}$ и $r=0.685^*$).

BIM е в силна положителна корелационна връзка с показателя брой зърна в клас ($r=0.848^{**}$) и средна с тегло на зърното от растение ($r=0.631^*$). VVI корелира силно с височина на растението ($r=0.713^{**}$). Съществува средна положителна корелация на DATT с маса на 1000 зърна ($r=0.640^*$).



Фиг. 2. Картосхема на ВИ BSI генериран от БЛА данни – фаза вретенене

Таблица 1. Корелационни зависимости между елементи на продуктивността и добива от лимец и ВИ от БЛА във фаза вретенене без агрегация на пикселите

Показатели Индекси	Височина на растенията	Дължина на класа	Брой класоносни стъбла на m ²	Брой на зърната в класа	Тегло на зърната в клас	Тегло на зърното от растение	Маса на 1000 зърна	Добив
VARI	-0.472	-0.008	-0.648*	-0.816*	0.558	-0.632*	-0.200	-0.603*
TVI	0.437	-0.090	0.666*	0.363	0.525	0.502	0.570	0.280
TGI	0.375	-0.247	0.723**	0.508	0.551	0.541	0.503	0.269
SI	-0.309	0.008	-0.311	0.024	-0.245	-0.223	-0.445	-0.257
Shpshape_index	-0.432	-0.141	-0.384	-0.097	-0.324	-0.337	-0.433	-0.457
SCI	-0.105	0.109	-0.170	0.179	-0.102	-0.052	-0.360	0.021
SAVI	0.364	-0.075	0.544	0.208	0.420	0.387	0.534	0.199
RVI	0.190	-0.040	0.195	-0.178	0.127	0.073	0.402	0.047
RSAVI	-0.333	0.170	-0.532	-0.229	-0.389	-0.372	-0.494	-0.292
RGBVI	-0.024	-0.149	0.071	-0.256	0.018	-0.043	0.290	-0.175
OSAVI	0.263	-0.064	0.393	0.037	0.293	0.251	0.473	0.094
NGRDI	0.105	-0.109	0.170	-0.179	0.102	0.052	0.360	-0.021
NDVI_RE	0.037	-0.071	0.078	-0.268	0.026	-0.029	0.299	-0.104
NDVI	0.067	-0.034	0.099	-0.260	0.051	-0.004	0.328	-0.099
NDRE	0.298	0.090	0.280	-0.122	0.239	0.187	0.516	0.074
MSAVI	0.327	-0.074	0.479	0.130	0.361	0.325	0.509	0.170
HUE	-0.452	0.197	-0.798	-0.619*	-0.625*	-0.629*	-0.513	-0.359
HI	0.139	-0.054	0.192	-0.152	0.131	0.092	0.369	0.039
GRVI	0.105	-0.109	0.170	-0.179	0.102	0.052	0.360	-0.021
GNDVI	0.118	0.144	0.036	-0.348	0.021	-0.041	0.333	-0.108
GLI	0.029	-0.144	0.113	-0.229	0.047	-0.012	0.318	-0.120
GLAI	0.133	-0.090	0.189	-0.158	0.124	0.079	0.375	0.020
GCI	0.151	0.155	0.059	-0.333	0.037	-0.026	0.351	-0.066
EVI	0.398	-0.071	0.582*	0.254	0.458	0.430	0.553	0.247
DVI	0.448	-0.078	0.672*	0.368	0.532	0.509	0.575	0.287
DATT	0.504	0.224	0.421	0.021	0.391	0.350	0.640*	0.238
CVI	-0.053	0.263	-0.222	0.070	-0.134	-0.094	-0.343	-0.015
CIRE	0.300	0.074	0.291	-0.109	0.248	0.195	0.523	0.085
CI	-0.314	0.016	-0.313	0.009	-0.254	-0.233	-0.449	-0.268
Chlorophyl_index	-0.074	0.105	-0.145	0.200	-0.082	-0.031	-0.341	0.056
BNDVI	-0.067	-0.058	-0.030	-0.367	0.059	-0.131	0.244	-0.286
BIM	0.418	-0.103	0.685*	0.848**	0.569	0.631*	0.205	0.506
BSI	-0.728**	-0.682*	-0.273	0.061	-0.174	-0.218	-0.323	0.654*
VVI	0.713**	0.515	0.223	-0.054	0.226	0.247	0.367	0.600*

На Таблица 2 са представени установените корелационни връзки между добива и елементите на продуктивността и вегетационните индекси генерирани чрез заснемане с БЛА за

фаза млечна зрялост (BVCH 75) без агрегация на пкселите. От данните прави впечатление, че във фаза млечна зрялост се установени повече средни и силни корелации на генерираните вегетационни индекси с елементите на продуктивността и добива в сравнение с фаза вретене. С добива съществуват 7 силни корелации, от които 3 са положителни при добра доказаност. По показателя дължина на класа нито един от 33 ВИ не е в корелационна зависимост. Височината на растението е също от показателите, който почти не корелира с ВИ. Установена е само една средна положителна корелация във фаза млечна зрялост. Вегетационният индекс SCI прави най-много положителни корелации, от които 5 са силни – добив ($r=0.657^*$), брой на зърната в класа ($r=0.731^{**}$), тегло на зърната в клас ($r=0.786^{**}$) и растение ($r=0.806^{**}$) и маса на 1000 зърна ($r=0.706^*$). SCI корелира средно положително и с брой класоносни стъбла на m^2 .

С добива корелират 7 от ВИ, при които 3 са силни положителни и 4 силни отрицателни. Освен ВИ SCI в силна положителна връзка с добива са CVI ($r=0.689^*$) и Chlorophyl_index ($r=0.653^*$).

Установени са силни отрицателни корелации между добива и NGRDI ($r = -0.657^*$), GRDI ($r = -0.657^*$) и CLI ($r = -0.671^*$). Интерес представляват и установените силни положителни корелации на CI, BIM и BSI с показателите брой зърна в класа, които са съответно (0.742^{**} , 0.689^* , 0.659^*), тегло на зърното в клас (0.696^* , 0.679^* и 0.672^*).

Таблица 2. Корелационни зависимости между елементи на продуктивността и добива от лимец и вегетационни индекси от безпилотен летателен апарат във фаза млечна зрялост

ВИ	Височина на растенията	Дължина на класа	Брой класоносни стъбла на m^2	Брой на зърната в класа	Тегло на зърната в клас	Тегло на зърното от растение	Маса на 1000 зърна	Добив
VARI	-0.446	0.210	-0.522	-0.624	-0.704	-0.724	-0.684	-0.671
TVI	0.001	-0.060	0.093	0.052	0.024	0.046	0.275	0.505
TGI	0.074	0.006	0.070	0.233	0.181	0.151	-0.100	-0.404
SI	0.376	-0.065	0.610	0.744**	0.707*	0.725**	0.493	0.351
shpshapeindex	0.396	-0.069	-0.573	0.761**	0.712**	0.729**	0.462	0.317
SCI	0.480	-0.199	0.603	0.731**	0.786**	0.807**	0.706*	0.657*
SAVI	-0.011	0.053	0.094	0.179	0.032	0.115	0.231	0.195
RVI	-0.470	0.188	-0.680	-0.780	-0.800	-0.810	-0.634	-0.548
RSAVI	-0.110	0.005	-0.141	-0.023	-0.150	-0.075	-0.352	-0.092
RGBVI	0.331	0.353	0.054	0.186	0.250	0.322	0.134	0.552
OSAVI	0.100	0.176	0.051	0.149	0.082	0.163	-0.136	0.289
NGRDI	-0.480	0.480	-0.603	-0.731	-0.786	-0.807	-0.706	-0.657
NDVI_RE	-0.543	0.212	-0.658	-0.806	-0.891	-0.894	-0.766	-0.573
NDVI	-0.501	0.251	-0.604	-0.830	-0.884	-0.882	-0.710	-0.495
NDRE	-0.155	0.270	-0.274	-0.631	-0.512	-0.506	-0.201	-0.092
MSAVI	-0.046	0.082	-0.154	-0.026	-0.118	-0.136	-0.352	-0.541
HUE	-0.125	-0.003	-0.095	-0.262	-0.246	-0.215	-0.025	-0.332
HI	-0.510	0.170	-0.614	-0.800	-0.838	-0.859	-0.699	-0.609
GRVI	-0.480	0.199	-0.603	-0.731	-0.786	-0.807	-0.706	-0.657
GNDVI	0.322	0.510	-0.337	-0.308	-0.007	-0.022	0.168	-0.153
GLI	-0.451	-0.215	-0.519	-0.629	-0.709	-0.729	-0.685	-0.671
GLAI	-0.487	0.188	-0.619	-0.755	-0.802	-0.824	-0.705	-0.646
GCI	-0.378	0.177	-0.525	-0.715	-0.701	-0.681	-0.426	-0.174
EVI	-0.071	0.089	-0.179	-0.069	-0.168	-0.185	-0.391	-0.556
DVI	0.025	0.048	-0.071	0.088	0.014	-0.008	-0.244	-0.488
DATT	-0.240	-0.100	0.636	-0.594	-0.503	-0.542	-0.272	-0.285
CVI	0.283	-0.022	0.305	0.291	0.348	0.401	0.448	0.689*
CIRE	-0.152	0.259	-0.276	-0.624	-0.505	-0.500	-0.195	-0.086
CI	0.374	-0.058	0.618	0.742**	0.696*	0.714**	0.474	0.344
Chlorophyl_index	0.495	-0.196	0.585	0.742**	0.802**	0.823**	0.714**	0.653*
BNDVI	0.324	0.421	-0.220	0.017	0.185	0.227	0.173	0.400
BIM	0.382	-0.183	0.422	0.689*	0.679*	0.655*	0.357	-0.007
BSI	0.364	-0.180	0.390	0.659*	0.672*	0.642	0.367	0.367
VVI	0.415	0.243	0.421	-0.688	0.716**	-0.689	-0.437	-0.071

В Таблица 3 са представени установените корелационни връзки между добива и елементите на продуктивността и вегетационните индекси генерирани чрез заснемане с БЛА за фаза вретенене (ВВСН 45) след агрегиране на пикселите. От таблицата се установява, че след агрегиране на пикселите във фаза вретенене нито един от индексите не е в корелационна зависимост с добива от биологичен лимец. Установява се, че *hueoverallhueindex* и *VVI* са съответно в силна ($r = 0.769$) и средна ($r = 0.656$) корелационна зависимост с елемента на продуктивност дължина на класа.

Таблица 3. Корелационни зависимости между елементи на продуктивността и добива от лимец и вегетационни индекси от безпилотен летателен апарат във фаза вретенене (ВВСН 45) след агрегиране на пикселите

Вегетационни индекси	Височина на растението	Дължина на класа	Брой растения (m)	Брой на зърната в класа	Тегло на зърното от клас	Тегло на зърното от растение	Маса на 1000 зърна	Добив
<i>CI</i>	0.149	0.353	-0.028	0.215	0.136	0.204	-0.021	0.195
<i>Chlorophl index</i>	-0.027	0.341	-0.041	0.053	0.044	0.100	-0.002	0.144
<i>CIRE</i>	-0.254	-0.365	-0.102	-0.114	-0.241	-0.287	-0.255	-0.236
<i>CVI</i>	-0.133	0.400	-0.139	-0.060	-0.146	-0.076	-0.222	0.144
<i>DATT</i>	-0.319	-0.357	-0.149	-0.127	-0.277	-0.324	-0.304	-0.280
<i>DVI</i>	-0.263	-0.689	0.081	0.155	0.042	-0.014	-0.051	-0.333
<i>EVI</i>	-0.234	-0.642	0.074	0.100	0.017	-0.043	-0.040	-0.315
<i>GCI</i>	-0.162	-0.225	-0.096	-0.193	-0.301	-0.329	-0.295	-0.141
<i>GLAI</i>	-0.023	-0.356	0.039	-0.097	-0.070	-0.131	0.008	-0.164
<i>GLI</i>	0.099	-0.317	0.051	0.026	-0.001	-0.046	-0.004	-0.113
<i>GNDVI</i>	-0.128	-0.203	-0.092	-0.196	-0.296	-0.321	-0.291	-0.122
<i>GRVI</i>	0.016	-0.349	0.044	-0.059	-0.048	-0.105	0.005	-0.152
<i>HI</i>	-0.067	-0.350	0.024	-0.147	-0.095	-0.160	0.009	-0.172
<i>hueoverallhueindex</i>	0.189	0.769	-0.177	-0.325	-0.274	-0.208	-0.160	0.345
<i>MSAVI</i>	-0.182	-0.583	0.063	0.065	-0.003	-0.063	-0.037	-0.294
<i>NDRE</i>	-0.231	-0.354	-0.101	-0.118	-0.234	-0.282	-0.245	-0.235
<i>NDVI_RE</i>	0.044	-0.280	0.034	-0.092	-0.088	-0.134	-0.041	-0.102
<i>NDVI</i>	-0.009	-0.294	-0.002	-0.097	-0.122	-0.167	-0.092	-0.131
<i>NGRDI</i>	0.016	-0.349	0.044	-0.059	-0.048	-0.105	0.005	-0.152
<i>OSAVI</i>	-0.164	-0.553	0.051	0.049	-0.022	-0.079	-0.058	-0.271
<i>RGBVI</i>	0.122	-0.302	0.051	0.046	0.009	-0.032	-0.010	-0.089
<i>RI</i>	0.163	0.586	-0.077	-0.043	-0.056	0.022	-0.089	0.323
<i>RSAVI</i>	-0.274	-0.571	-0.003	0.034	-0.089	-0.144	-0.147	-0.311
<i>RVI</i>	-0.073	-0.327	0.002	-0.123	-0.155	-0.204	-0.099	-0.164
<i>SAVI</i>	-0.217	-0.631	0.069	0.106	0.015	-0.043	-0.048	-0.311
<i>SCI</i>	-0.016	0.349	-0.044	0.059	0.048	0.105	-0.005	0.152
<i>shpshapeindex</i>	0.250	0.300	0.015	0.306	0.178	0.248	-0.026	0.211
<i>SI</i>	0.142	0.351	-0.029	0.210	0.129	0.198	-0.023	0.202
<i>TGI</i>	-0.161	-0.762	0.174	0.328	0.260	0.196	0.140	-0.339
<i>TVI</i>	-0.255	-0.690	0.086	0.160	0.053	-0.004	-0.039	-0.332
<i>VARI</i>	0.063	-0.334	0.051	-0.011	-0.022	-0.073	0.000	-0.129
<i>VVI</i>	0.382	0.656	-0.124	-0.206	-0.208	-0.150	-0.168	0.370
<i>BSI</i>	-0.434	-0.729	0.066	0.288	0.154	0.105	-0.014	-0.538
<i>BNDVI</i>	-0.008	-0.247	-0.078	-0.016	-0.150	-0.175	-0.266	-0.172
<i>BIM</i>	-0.327	-0.747	0.171	0.375	0.318	0.266	0.188	-0.381

В Таблица 4 са представени установените корелационни връзки между добива и елементите на продуктивността и вегетационните индекси генерирани чрез заснемане с БЛА за фаза млечна зрялост (BBCH 75) след агрегиране на пикселите.

От таблицата се установява, че 21 от ВИ са в силна корелационна зависимост с добива от биологичен лимец, като единадесет от тях са в много силна корелационна зависимост с добива от биологичен лимец. От данните в таблицата се установява, че ВИ GLAI, GLI, GRVI, NGRDI, RGBVI и VARI освен, че са в много силна корелационна зависимост с добива, но и са в силна корелационна зависимост и със следните два елемента на продуктивност височина на растението и брой растения в m². От таблицата се вижда, че с ВИ липсва корелационна зависимост със следните елементи на продуктивността: дължина на класа, брой на зърната в класа, тегло на зърното от клас тегло на зърното от растение и маса на 1000 зърна.

Таблица 4. Корелационни зависимости между елементи на продуктивността и добива от лимец и вегетационни индекси от безпилотен летателен апарат във фаза млечна зрялост (BBCH 75) след агрегиране на пикселите.

ВИ	Височина на растението	Дължина на класа	Брой растения в m ²	Брой на зърната в класа	Тегло на зърното от клас	Тегло на зърното от растение	Маса на 1000 зърна	Добив
CI	-0.337	-0.309	-0.319	0.038	-0.127	-0.161	-0.347	-0.654
chlorophyll_index_green	-0.684	-0.239	-0.680	-0.376	-0.391	-0.456	-0.387	-0.848
CIRE	0.289	0.164	0.333	0.064	0.066	0.135	0.138	0.643
CVI	-0.711	-0.139	-0.802	-0.519	-0.457	-0.497	-0.345	-0.580
DATT	-0.048	0.052	0.047	-0.161	-0.211	-0.149	-0.128	0.347
DVI	0.447	0.134	0.427	0.406	0.294	0.388	0.146	0.675
EVI	0.514	0.173	0.483	0.396	0.319	0.411	0.207	0.747
GCI	0.437	0.252	0.384	0.164	0.231	0.299	0.313	0.792
GLAI	0.666	0.251	0.668	0.357	0.376	0.442	0.385	0.850
GLI	0.709	0.217	0.719	0.444	0.419	0.489	0.367	0.844
GNDVI	0.475	0.250	0.399	0.180	0.242	0.309	0.305	0.797
GRVI	0.678	0.245	0.684	0.381	0.388	0.456	0.381	0.852
HI	0.653	0.251	0.636	0.312	0.360	0.420	0.397	0.840
hueoverallindex	-0.234	0.033	-0.341	-0.393	-0.203	-0.254	0.021	-0.165
MSAVI	0.503	0.161	0.478	0.411	0.319	0.413	0.192	0.733
NDRE	0.305	0.164	0.339	0.071	0.068	0.138	0.132	0.649
NDVI_RE	0.695	0.273	0.642	0.369	0.416	0.481	0.429	0.887
NDVI	0.621	0.246	0.578	0.301	0.337	0.404	0.359	0.847
NGRDI	0.678	0.245	0.684	0.381	0.388	0.456	0.381	0.852
OSAVI	0.587	0.199	0.537	0.395	0.349	0.436	0.265	0.804
RGBVI	0.722	0.194	0.729	0.467	0.432	0.501	0.360	0.828
RI	-0.592	-0.119	-0.520	-0.486	-0.393	-0.460	-0.205	-0.529
RSAVI	0.379	0.146	0.383	0.253	0.172	0.265	0.107	0.685
RVI	0.579	0.266	0.581	0.309	0.331	0.405	0.358	0.861
SAVI	0.526	0.167	0.486	0.410	0.328	0.420	0.205	0.744
SCI	-0.678	-0.245	-0.684	-0.381	-0.388	-0.456	-0.381	-0.852
shpshapeindex	-0.381	-0.301	-0.336	0.025	-0.152	-0.184	-0.374	-0.682
SI	-0.352	-0.312	-0.329	0.029	-0.136	-0.171	-0.353	-0.660
TGI	0.431	-0.021	0.495	0.529	0.329	0.392	0.063	0.347
TVI	0.475	0.140	0.460	0.418	0.309	0.403	0.164	0.693
VARI	0.705	0.220	0.717	0.438	0.415	0.486	0.367	0.844
VVI	0.629	0.212	0.616	0.300	0.348	0.396	0.387	0.793
BSI	-0.470	-0.244	-0.432	-0.086	-0.220	-0.247	-0.371	-0.687
BNDVI	0.660	0.198	0.622	0.401	0.382	0.456	0.328	0.846
BIM	-0.496	-0.250	-0.475	-0.123	-0.242	-0.275	-0.382	-0.723

Заклучение

По отношение на установените корелационни връзки между добива и елементите на продуктивността и вегетационните индекси генерирани чрез заснемане с БЛА без агрегация на пикселите за фаза вретенене (BBCN 45). Данните показват, че само BSI има силна положителна връзка с добива. Във фаза млечна зрялост се установени повече средни и силни корелации на генерираните вегетационни индекси с елементите на продуктивността и добива в сравнение с фаза вретенене. С добива съществуват 7 силни корелации, от които 3 са положителни при добра доказаност.

ВИ CI, BIM и BS са в силни положителни корелации с показателите брой зърна в класа и тегло на зърното в клас, което показва, че също биха били много успешно да прогнозираят добива.

По отношение на възможностите да се предвижда добива от биологичен лимец с помощта на БЛА данни и след тяхната агрегация до пиксел с големина 1×1 m се установи, че вегетационната фаза млечна зрялост (BBCN 75) е по-подходяща, тъй като силна корелационна зависимост с добива имат 21 от ВИ. От тези 21 ВИ 12 са много силна корелационна връзка с добива ($r \geq 0.80$). Като най-подходящи за предвиждане на добива се очертават следните 6 ВИ: GLAI, GLI, GRVI, NGRDI, RGBVI и VARI. Освен, че са с много силна корелационна зависимост с добива те са и с силна корелационна зависимост и с два от елементите на продуктивността. ВИ NDVI_RE се очертава като най-подходящ за прогнозиране на добива, тъй като той е с най-силната корелационна зависимост ($r = 0.887$).

Можем да обобщим, че по отношение на добива и елементите на продуктивност се установява, че данните получени от БЛА при фазата млечна зрялост са по-подходящи, за охарактеризиране на елементите на продуктивност и добива.

Литература:

1. Атанасова, Д., В. Манева, В. Котева, Б. Зарков, Е. Дачев, 2014. Отглеждане на зърнено-житни култури в сертифицирано поле за биологично земеделие в Института по земеделие – Канобат, Национална конференция с международно участие на тема: “Биологично растениевъдство, животновъдство и храни” – София, с. 62–68.
2. Маринков, Е., Д. Димова, 1999. опитно дело и биометрия. Академично издателство на ВСИ, Пловдив.
3. Митова, Д. 2014. Биологичното земеделие – съставна част и инструмент от екоуправлението на селското стопанство. Национална конференция с международно участие на тема: “Биологично растениевъдство, животновъдство и храни” – София, с. 15–23.
4. Eisele, A. & U. Korke, 1997. “Choice of variety in organic farming: New criteria for winter wheat ideotypes”, *Pflanzenbauwissenschaften*, 1(1), 5, 19–24.
5. Konvalina, P., 2011. Netradiční obilniny v ekozemědělství. [Unusual cereals in organic farming.] *Zemědělec*, 2011, 39 (2011), p. 21.
6. Nemecek, T., D. Dubois, O. Huguenin-Elie, G. Gaillard. 2006. Life cycle assessment of Swiss organic farming systems, *Aspects of Applied Biology* 79, What will organic farming deliver? COR 2006, с. 15–18.