



Fot. ZDM w Warszawie

Inteligentne e-kontrole parkowania – zbieranie i wykorzystywanie przestrzennych danych cyfrowych

Fuzja sensorów i zawodów

Od 7 stycznia funkcjonuje w Warszawie system elektronicznej kontroli parkowania. Na zlecenie Zarządu Dróg Miejskich stworzyli go inżynierowie z firmy Smart Factor. Przekonajmy się, jak to rozwiązanie działa i jaki ma związek z geodezją.

Anna Wardziak

O zamiarze wprowadzenia na warszawskie ulice aut monitorujących strefę płatnego parkowania niestrzeżonego (SPPN) stołeczny Zarząd Dróg Miejskich informował od kilku lat. Ostatecznie decyzję o e-kontroli Rada Warszawy podjęła w 2018 r. Po pozys-

kaniu dofinansowania ze środków Unii Europejskiej ZDM przystąpił do procedury przetargowej zakończonej podpisaniem umowy. Inwestor wybrał ofertę warszawskiej spółki Smart Factor o wartości 1,593 mln zł netto.

Zarząd Dróg Miejskich, by zwiększyć skuteczność kontroli w strefie płatnego parkowania, postanowił wprowadzić rozwiązanie hybrydowe. E-kontro-

le nie zastąpiły zatem patroli pieszych. Jak wcześniej, każdego dnia na warszawskie ulice wychodzi ich około 25, a każdy złożony jest z dwóch kontrolerów, którzy ręcznie sprawdzają zaparkowane auta. Jednak obecnie wspomagają ich funkcjonariusze w dwóch samochodach nissan leaf o napędzie elektrycznym wyposażonych w zamontowany na dachu zestaw czujników sczytujący numery rejestra-

cyjne zaparkowanych pojazdów. Dane te są następnie analizowane w ZDM pod kątem uprawnień do parkowania. O wezwaniu do uiszczenia opłaty dodatkowej nie muszą się więc martwić osoby, które opłaciły postój (czy to w parkomacie, czy przez aplikację mobilną), posiadają abonent mieszkańca lub kartę N+ (karta parkingowa inwalidy) albo są z opłat zwolnione.

• System dyscyplinuje kierowców

Celem wprowadzenia systemu e-kontroli było uszczelnienie systemu poboru opłat, bo do tej pory zbyt wielu kierowców unikało płacenia za parkowanie – wyjaśnia Mikołaj Pieńkos, naczelnik Wydziału Komunikacji Społecznej ZDM. – Po 2 miesiącach funkcjonowania systemu widzimy jego pozytywny wpływ, kierowcy częściej płacą za parkowanie, rośnie zwłaszcza liczba opłat za długie postoje. Prawdopodobnie osoby, które wcześniej kalkulowały, że być może zdołają uniknąć opłat, teraz, ze względu na nieuchronność kary, zaczęły płacić – przekonuje przedstawiciel ZDM.

W styczniu oba pojazdy e-kontroli zarejestrowały 12 196 przypadków braku opłaty, w lutym – 13 739. – Wzrost ten spowodowany jest coraz wydajniejszą pracą systemu. Liczba skontrolowanych pojazdów wzrosła bowiem o 25%: ze 102 934 w styczniu do 128 067 w lutym – informuje Mikołaj Pieńkos. Zatem choć kierowców niepłacących za parkowanie zarejestrowano więcej, to ich udział w ogólnej liczbie parkujących w SPPN spadł z 12% do 11%. ZDM ma nadzieję, że wskaźnik ten będzie nadal malał. Rozważa też zakup trzeciego samochodu do e-kontroli. Prawdopodobnie nastąpi to jeszcze w tym roku.

• Od pomysłu do testu i dalej

Firma Smart Factor powstała w marcu 2017 r. i koncentruje się na pozyskiwaniu oraz gromadzeniu danych przestrzennych z wykorzystaniem mobilnych systemów mapowania. Udogodnienia te dane różnym klientom do zarządzania infrastrukturą drogową i przestrzenią miejską.

– Na co dzień zajmujemy się inwentaryzacją dróg, a wykonujące ją systemy umieszczone są w samochodach. Podobnie jak w przypadku e-kontroli parkowania, wykorzystują rozpoznawanie obrazu z kamer, lokalizowanie za pomocą systemu GNSS RTK oraz skanowanie laserowe. Uznaliśmy więc, że mamy predyspozycje do tego, żeby stworzyć szyty na miarę system dla Warszawy. Dlatego podjęliśmy taką próbę – mówi Rafał Marczuk (szef Działu Realizacji,

z wykształcenia mechatronik), który pilotuje projekt e-kontroli parkowania w firmie Smart Factor.

– Co ciekawe, w przetargu poza naszym rozwiązaniem było kilka propozycji zagranicznych, bardziej dojrzałych. Mimo to wygraliśmy – chwali się reprezentujący firmę Szymon Ciupa, specjalista ds. geoinformacji oraz smart city. – Wymagania ZDM, szczególnie w zakresie geolokalizacji, w tym precyzji wykonania pomiarów, były tak wysokie, że systemy oferowane przez innych wykonawców do nich nie przystawały – tłumaczy.

Jak dodaje Rafał Marczuk, pozostali wykonawcy mieli wprowadzić gotowe systemy, ale robione pod inne wymagania. Nie spełniały one nie tylko warunku lokalizacji samochodów z dokładnością 30 cm, ale również anonimizowania zdjęć bezpośrednio w systemie (a nie w postprocessingu) czy wykrywania pojazdów na miejscach parkingowych.

Przed podpisaniem umowy ZDM przeprowadził test propozycji Smart Factor, później firma miała 3 miesiące na dostarczenie pełnego rozwiązania. Sys-

dował się na określonym miejscu postojowym powyżej 120 sekund. Auto zbierające dane przejeżdża zatem dwukrotnie po tej samej trasie w odstępie powyżej 120 s. Za pierwszym razem identyfikuje samochody znajdujące się na miejscach postojowych, za drugim sprawdza, czy stoją tam nadal. Zazwyczaj przejazdy dzieli odstępek około 5 minut.

– W internecie jest na ten temat bardzo dużo szumu – zauważa Szymon Ciupa. – Pojawiają się pytania typu: „A co, gdy kierowca na przykład idzie właśnie do parkomatu?”. 5 minut to czas, w ciągu którego można uiszczyć opłatę w parkomacie i umieścić bilet za oknem samochodu. Jeśli ktoś zatrzyma się na kilka sekund, nie zostanie obciążony opłatą dodatkową. Dlatego przejazd samochodu kontrolującego jest wykonywany dwukrotnie – wyjaśnia Szymon Ciupa.

• Naszpikowany sensorami

W rozwiązaniu dla ZDM przedstawiciele Smart Factor zwracają uwagę na fuzję sensoryczną trzech typów czujników: kamer HD, odbiorników GNSS



System do e-kontroli parkowania umieszczony jest w specjalnie przystosowanym bagażniku dachowym samochodu

tem odebrano 2 grudnia 2019 r., natomiast komercyjnie został uruchomiony 7 stycznia br.

• Co system może?

Pojazdy do e-kontroli zbierają informacje o wszystkich samochodach, które w danej chwili znajdują się w strefie płatnego parkowania niestrzeżonego. Wcześniej SPPN została zinwentaryzowana przez m.st. Warszawa, stworzono w ten sposób system referencyjny, do którego odnoszone są zbierane dane. Żeby móc wystawić wezwanie o dodatkową opłatę, miasto musi wiedzieć, że samochód znaj-

oraz LiDAR-ów. – Nie jest to gotowy system kupiony na rynku, czyli tzw. czarna skrzynka – wyjaśnia Szymon Ciupa. – Zaprojektowali go nasi inżynierowie. Oczywiście nie konstruowaliśmy sami skanerów laserowych czy odbiorników GNSS, ale były one wybierane według klucza „najlepszy efekt, który jest możliwy do uzyskania do naszych celów i potrzeb rynku”. Natomiast cała integracja sprzętowa, stelaże oraz oprogramowanie, które wykonuje fuzję sensoryczną i pozwala na integrację wszystkich danych, to już nasze autorskie rozwiązania. Dlatego mamy bardzo duże możliwości rozbudowy sys-



Fot. Anna Wardziak

Bateria zasilająca system wypełnia skrzynię w bagażniku samochodu

temu i dostosowywania go do konkretnych potrzeb, nawet bardzo szczególnych – przekonuje Szymon Ciupa.

System e-kontroli parkowania wyposażony jest w dwie kamery HD dające obraz, na podstawie którego rozpoznawane są tablice rejestracyjne zaparkowanych pojazdów. W skrzynce na dachu samochodu zainstalowane są trzy wielosystemowe odbiorniki GNSS RTK (każdy odbiera sygnały GPS, GLONASS i Galileo). Dwa odbiorniki są wykorzystywane do lokalizacji zarówno pojazdu kontrolującego, jak i zaparkowanego (przyjmuje się wyznaczenie wykonane odbiornikiem z lepszą w danej chwili dokładnością). Określenie położenia kontrolowanego samochodu wspierają dwa LiDAR-y, które pozwalają precyzyjnie określić odległość pojazdu kontrolującego do tablicy rejestracyjnej zaparkowanego auta. Trzeci odbiornik GNSS odpowiada za idealne zgranie wszystkich elementów systemu (synchronizuje czas komputera głównego systemu z czasem GPS odmierzającym przez sieć superdokładnych zegarów atomowych). Dzięki temu możliwa staje się tzw. fuzja sensoryczna.

– Wymogiem ZDM było, żeby 80% kontrolowanych samochodów miało położenie wyznaczone z dokładnością 30 cm. Odbiorniki GNSS zaprogramowaliśmy w taki sposób, by na jak największym obszarze Warszawy w trakcie ruchu uzyskiwały rozwiązanie RTK fix. W testach wykonywanych jeszcze przed podpisaniem umowy ta dokładność została zachowana, a w niektórych przypadkach wyniosła zaledwie kilka centymetrów – wyjaśnia Rafał Marczuk.

Są natomiast w Warszawie obszary wyłączone z e-kontroli. W miejsca, gdzie syg-

nał GNSS jest słaby i występują zakłócenia (np. okolice Pałacu Kultury i Nauki czy wąskie uliczki w centrum miasta), są wysyłane wyłącznie patrole piesze. Również w przypadku zakorkowanych ulic lepiej sprawdzają się patrole piesze, ale dotyczy to niewielkiej części SPPN.

• Co trafia do ZDM?

Ze względu na przepisy o RODO duży nacisk przy budowie systemu położono na anonimizację danych. Przyjęte rozwiązanie dokonuje anonimizacji elementów znajdujących się na zdjęciu poza tablicą rejestracyjną będącą obiektem analizy. Czyli ZDM otrzymuje z systemu tylko informacje o tablicach rejestracyjnych samochodów poddanych kontroli. Tablice aut stojących poza SPPN lub przejeżdżających są zamazywane, podobnie jak twarze ludzi, którzy akurat znaleźli się w kadrze. Odbywa się to automatycznie z wykorzystaniem algorytmów sztucznej inteligencji opracowanych w Smart Factor.

Dane z dwóch przejazdów podlegają też matchowaniu, tzn. są łączone i integrowane, aby zapewnić jednolity widok samochodów parkujących ponad określony interwał czasu. W wyniku tej procedury informacja otrzymywana przez ZDM zawężana jest tylko do tych pojazdów, które zostały przez system zarejestrowane dwukrotnie w tej samej lokalizacji. Dane o pozostałych są usuwane.

– Naszym zadaniem na tym etapie było dopięcie się do szyny danych urzędu, czyli do końcowego węzła. Opracowany system wysyła dane o znajdujących się w strefie samochodach, które ZDM dalej weryfikuje – wyjaśnia Rafał Marczuk. Zdjęcia pojazdów wykonane w SPPN (za-

nonimizowane i zmatchowane) są przekazywane na koniec dnia, podobnie jak informacje z parkomatów ZDM. Ale już te z aplikacji mobilnych (dotyczące osób mających wykupione abonamenty) czy o zwolnieniach z opłat spływają na bieżąco. Następnie wszystkie dane są przetwarzane i analizowane. Sfotografowane tablice rejestracyjne są automatycznie porównywane z bazą zawierającą informację, czy dany samochód miał prawo stać w strefie płatnego parkowania. Jeżeli tak (właściciel opłacił postój lub jest z opłaty zwolniony), jego dane są automatycznie usuwane. Jeżeli nie, wysyłane są wezwania do zapłaty.

Warto zaznaczyć, że kontrolerzy nie mają dostępu do danych osobowych właścicieli zaparkowanych aut. Skojarzenie rejestracji samochodu z konkretną osobą odbywa się dopiero na poziomie windykacji. ZDM musi wiedzieć, do kogo wystosować wezwanie do zapłaty. Takie wezwanie zawiera m.in. zdjęcia pojazdu z obu przejazdów z podaniem lokalizacji. Trwają już prace nad systemem, w którym będzie można te zdjęcia sprawdzić w internecie.

• Wyzwania

Najwięcej trudności sprawiały pomiary GNSS. Zadaniem systemu jest uzyskanie sygnału wysokiej jakości, a odbiorniki znajdują się w środku bagażnika dachowego, więc anteny niewiele wystają ponad samochód. Ponadto system jest umieszczony na pojeździe poruszającym się z określoną prędkością.

Kolejnym wyzwaniem było precyzyjne połączenie odbiorników z kamerami i z LiDAR-ami w taki sposób, żeby z odległości np. 0,5 m od samochodu kontro-

lującego lokalizować zaparkowany pojazd (prostopadle, skośnie i równolegle do drogi) z określoną dokładnością.

Zgodnie z warunkami przetargu system e-kontroli SPPN musi być niezależny od wyposażenia samochodu i możliwy do szybkiego zdemontowania i zamontowania na innym pojeździe. Nie może to być zatem konstrukcja podobna do wozu satelitarnego, który ma pewne rozwiązania umieszczone na dachu, ale są one częścią pojazdu ze wspólnym obiegiem powietrza. W przypadku systemu e-kontroli nie ma połączenia z wnętrzem samochodu. Problemem jest więc też kwestia chłodzenia systemu, który wykonując dużo obliczeń (anonimizacja, lokalizowanie, rozpoznawanie na bieżąco tablic rejestracyjnych), wydziela dużo ciepła. Latem bez klimatyzacji się nie obejdzie, a oferta urządzeń możliwych do zamontowania w bagażniku dachowym jest na świecie bardzo skromna.

Poza tym system działa przez cały dzień, musi więc mieć bardzo pojemną baterię. Co ważne, jest zasilany niezależ-

nie od samochodu (bateria jest umieszczona w skrzyni wypełniającej prawie cały bagażnik).

– Podchodząc do tego przetargu, nie wiedzieliśmy, jak bardzo będzie to skomplikowane – wspomina Rafał Marczuk. – Problemy, z którymi się zetknęliśmy, były dla nas zupełnie nowe. Nie jestem przekonany, czy ponownie podjęlibyśmy się tego zadania, ale tak często bywa z tworzeniem innowacji i dzięki temu udaje się je wdrażać. Na pewno było to ciekawe wyzwanie, dzięki któremu jako firma wiele się nauczyliśmy – dodaje Marczuk. – Opracowanie systemu od strony geoinformatycznej musiało być podparte dużą dozą twardej inżynierii konstrukcyjnej – podsumowuje Szymon Ciupa.

• Finansowanie

Kontrakt opiewał na 1,593 mln zł netto, z czego 468 tys. zł przeznaczono na utrzymanie systemu przez 3 lata i 300 tys. zł na jego rozwój, dodatkowo ZDM zapewnił sobie prawo opcji na zakup trzeciego samochodu. Utrzymanie systemu przez 36 miesięcy obejmu-

je wszystko, co jest związane z użytkowaniem samochodów (m.in. opłaty za ubezpieczenie, usunięcie ewentualnych awarii), a także wspomaganie urzędników obsługujących system w codziennej pracy. – Odpowiadając na zapotrzebowanie ZDM, wyznaczyłem w sumie 123 trasy, które obejmują 95% miejsc parkingowych w całej Warszawie – wyjaśnia Rafał Marczuk.

– Mówiąc o finansach, warto podkreślić, że w całym 2019 r. wpływy za parkowanie wyniosły w Warszawie 85 mln zł (7 mln zł miesięcznie). Jeśli zatem w styczniu br. uiszczane opłaty wzrosły o 12%, system miastu zwróci się bardzo szybko – dodaje.

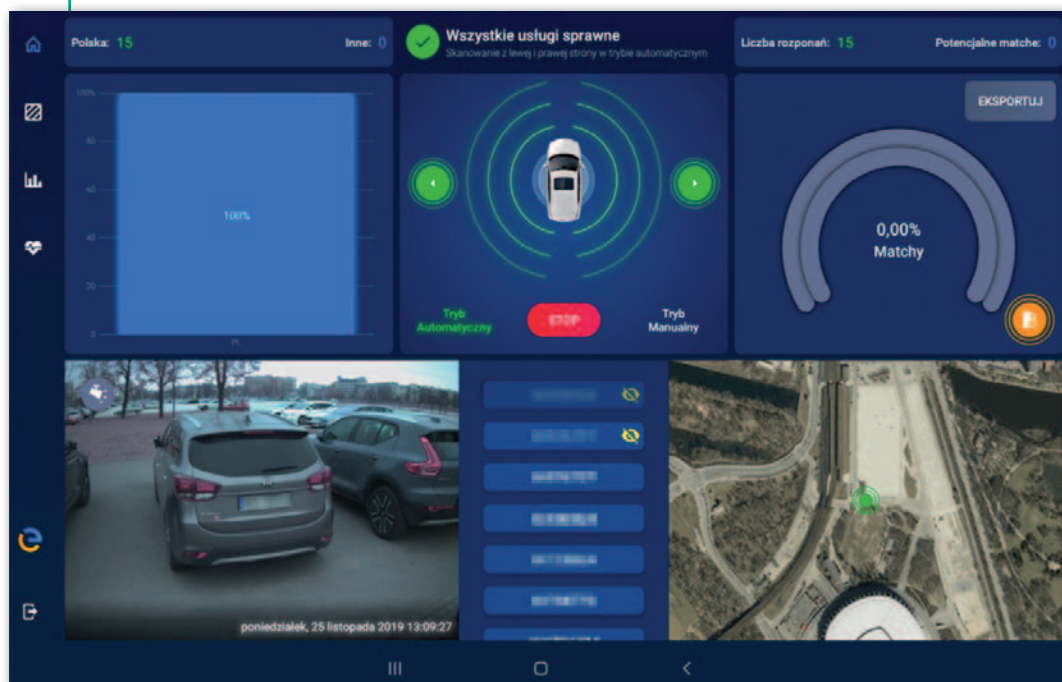
• Z wnętrza systemu

Z Rafałem Marczukiem wsiadamy do citroena z systemem e-kontroli na dachu i ruszamy po uliczkach Saskiej Kępy. Jest to samochód dodatkowy używany do celów pokazowych, ale też zastępczy dla systemu dostarczonego dla ZDM. Obok kierowcy jest umieszczony spory wyświetlacz. – System jest tak skonstruowa-



Fot. Anna Wardziuk

Rafał Marczuk prezentuje sensory (LiDAR-y, kamery i odbiorniki GNSS) składające się na Mobilny System Mapowania Smart Factor, który wykorzystywany jest do inwentaryzacji dróg, infrastruktury i przestrzeni miejskiej. Podobne sensory wykorzystywane są w systemie e-kontroli



Ekran, który ma do dyspozycji kierowca obsługujący system elektronicznej kontroli parkowania

ny, żeby był jak najłatwiejszy w obsłudze, a osoba, która kieruje samochodem, nie musiała wiele robić, tylko przed pomiarem włączyć start i na koniec stop. Jeśli jednak wymaga tego sytuacja, kierowca ma możliwość monitorowania przebiegu pomiaru i reagowania od razu w terenie – wyjaśnia mój przewodnik.

Ekran podzielony jest na 6 części. W pierwszej na bieżąco jest pokazywana statystyka zagranicznych tablic rejestracyjnych. – Jeśli obsługujący system kierowca zauważy, że na jakimś odcinku trasy jest bardzo dużo samochodów z obcą rejestracją, może wysłać w to miejsce patrol pieszy, który informację o dodatkowej opłacie włoży za wycieraczkę. Zwiększy to szansę, że przynajmniej część z tych osób za postój zapłaci – wyjaśnia Marczyk.

Używając drugiej części ekranu, kierowca ma możliwość wybrania skanowania prawej lub lewej strony drogi, choć zazwyczaj i tak skanowanie odbywa się po obu stronach. Do wyboru są też 2 tryby pracy: manualny i automatyczny. Automatyczny pozwala na skanowanie tylko samochodów w strefie płatnego parkowania. Ponieważ podczas przejazdu byliśmy poza SPPN, włączony został tryb manualny, który pozwala na skanowanie wszystkich mijanych samochodów.

Trzecia część ekranu pokazuje, ile tzw. sparowań samochodów na danym obszarze zostało zrealizowanych w trakcie dwóch objazdów. Dodatkowo wewnętrzny licznik pokazuje stan anonimizacji zdjęć na daną chwilę, który zależy od prędkości jazdy i liczby wykonywa-

nych zdjęć (anonimizacja jednego trwa ok. 1,5 sekundy).

W kolejnej, czwartej części ekranu na bieżąco widać zdjęcia samochodów, obok których przejeżdżamy. W piątej – listę tablic rejestracyjnych, które system odczytał. Ostatnia część ekranu pokazuje na podkładzie z Urzędu Miasta w postaci ortofotomapy, gdzie w danym momencie jesteśmy, a strzałka określa kierunek ruchu.

– Miejsca, gdzie aktualnie można parkować w SPPN, zmieniają się dość często, a jest to związane z remontami, budowaniami, sezonowymi ogródkami czy zmianami w organizacji ruchu. Z tego powodu ZDM musi aktualizować stan miejsc parkingowych w strefie – wyjaśnia Rafał Marczyk. Jest to możliwe z poziomu samochodu, wystarczy podłączyć nośnik z odpowiednimi danymi. System umożliwia też tyczenie tras przejazdu. Dodatkowo ekran powiadomien sygnalizuje kierowcy, co dzieje się z systemem, czy nie ma uszkodzeń, błędów, jaka jest jakość sygnału GNSS. Na koniec pracy kierowca może wyeksportować dane na pendrive. System może się też połączyć z szyną danych w ZDM i wysłać dane on-line.

• Pomysłów na biznes nie brakuje

Firma Smart Factor stworzyła już kolejny system do elektronicznych kontroli – tym razem nielegalnych reklam stojących w pasie drogi i poza nim. Jako pierwsza wykorzystuje go Rumia, wkrótce rozwiązanie to ma być wdrażane także w Kielcach. Takie kontrole są bardzo szybkie i masowe. Mobilne metody pomiaru okazują się bezkonkuren-

cyjne w stosunku do tradycyjnych. Skaner umieszczony w samochodzie poruszającym się z prędkością ok. 40 km/h pozwala od razu określić powierzchnię banera reklamowego i stwierdzić, czy nie przekracza dopuszczalnej przepisami. Po takiej inwentaryzacji wykonywane są różnego rodzaju raporty, a informacja dowodowa dla każdej reklamy trafia do odpowiedniej komórki zarządcy drogi. Przykład to mapy z kartodiagramami pokazujące rozmieszczenie reklam według ich wielkości i rodzaju. Analizie poddawane są też reklamy ledowe, niebezpieczne przy zbyt dużym natężeniu światła.

Zdaniem Szymona Ciupa w kontekście ustawy krajo-

brazowej, która wprowadza narzędzia do regulacji chaosu reklamowego, bardzo istotne jest, żeby miasta miały dostęp do danych pozwalających im określić, które reklamy są nielegalne. Każde miasto samodzielnie podejmuje decyzję, czy chce walczyć z chaosem reklamowym. Na przykład Rada Warszawy przyjęła niedawno uchwałę krajobrazową. E-kontroli powinni się więc już zacząć obawiać nie tylko unikający opłat za parkowanie, ale i ci, którzy szpecą ulice nielegalnymi reklamami. Smart Factor dysponuje systemem, który potrafi inwentaryzować stan inicjalny, ale pracuje też nad takim, który będzie na bieżąco weryfikować stan chaosu reklamowego.

– Cały czas szukamy różnych zastosowań dla naszych rozwiązań – wyjaśnia Szymon Ciupa. – Przyświeca nam idea, żeby pozyskiwać i skutecznie wykorzystywać cyfrowe dane o infrastrukturze drogowej, o drogach, ale też o mobilności. Chcemy wielokrotnie wykorzystywać je do różnych celów i szukać nowych wartości, jak np. w Warszawie w zakresie parkowania – przekonuje.

Obecnie w Gdyni firma kończy wdrażanie systemu do zarządzania infrastrukturą drogową. Miasto rozważa też wprowadzenie systemu e-kontroli parkowania. Młodym inżynierom pomysłów na biznes nie brakuje i, jak sami przekonują, dzieje się to dzięki kolejnej fuzji – różnych zawodów. W gronie blisko 60 pracowników Smart Factor są bowiem nie tylko informatycy, analitycy, elektrycy, mechatronicy, ale również geodeci czy specjaliści z zakresu inżynierii lądowej, GIS-u i gospodarki przestrzennej.

Anna Wardziak