# Pierwszy taki projekt – Uniwersytet Kentucky zarządza infrastrukturą kampusu za pomocą cyfrowego bliźniaka

Pod wieloma względami duże kampusy uniwersyteckie przypominają małe miasta – tak jak lotniska czy porty morskie, są to złożone organizmy, które w dużej mierze funkcjonują autonomicznie. Zarządzanie infrastrukturą techniczną, budynkami, a także codziennym życiem tysięcy studentów i pracowników wymaga skoordynowanej pracy wielu działów, podobnie jak w przypadku miejskich służb i instytucji. Coraz częściej w tym procesie kluczową rolę odgrywają nowoczesne technologie, takie jak systemy informacji geograficznej (GIS), które umożliwiają kompleksowe zarządzanie przestrzenią i zasobami kampusu w czasie rzeczywistym.

Ta złożoność sprawia, że kampusy są idealnym miejscem do testowania cyfrowych bliźniaków jako narzędzi do zarządzania infrastrukturą. Żadne inne miejsce nie ilustruje tego lepiej niż Uniwersytet Kentucky – wiodąca uczelnia stanu znanego jako Bluegrass State.

Cyfrowy bliźniak Uniwersytetu Kentucky, oparty na technologii systemów informacji geograficznej (GIS), stanowi centralne narzędzie do zarządzania codziennym funkcjonowaniem kampusu. Systemem opiekuje się Eric Carroll, dyrektor ds. operacji infrastrukturalnych uczelni, a powstał on w oparciu o platformę ArcGIS Enterprise firmy Esri. Cyfrowy model odwzorowuje infrastrukturę techniczną, sieci mediów oraz naturalne otoczenie głównego kampusu w Lexington, który zajmuje powierzchnię 918 akrów.

Tradycyjne cyfrowe bliźniaki służą głównie do modelowania

przyszłych zmian – analizują dane z teraźniejszości, by przewidzieć, jak infrastruktura będzie ewoluować w czasie. Tymczasem system opracowany przez Carrolla i jego zespół reprezentuje nową generację: dynamiczne cyfrowe bliźniaki, które potrafią reagować na zmiany zachodzące tu i teraz. Korzystają z danych w czasie rzeczywistym, pochodzących z czujników, urządzeń Internetu Rzeczy (IoT) i innych źródeł. Carroll określa swoje rozwiązanie jako zintegrowany system zarządzania operacjami.

*„Model, który stanowi fundament całego systemu, to prawdziwy cyfrowy bliźniak”* – mówi Carroll. *„Zawiera odwzorowanie budynków, infrastruktury, a nawet naszej przestrzeni powietrznej. Właśnie dlatego jego stworzenie wymagało od nas wielu lat badań i przygotowań.”*

# Początki w zarządzaniu kryzysowym

Carroll przez ponad dziesięć lat zajmował się zarządzaniem kryzysowym. Zaczynał jako strażak w Korpusie Piechoty Morskiej USA, potem pracował jako strażak-ratownik w hrabstwie Highlands na Florydzie, a następnie objął stanowisko dyrektora ds. służb ratunkowych w regionie centralnej Florydy w Czerwonym Krzyżu. Choć praca ta była dla niego ogromną pasją, zmiany organizacyjne i redukcje etatów w Czerwonym Krzyżu zmusiły go do zmiany ścieżki kariery. Niestety, kontuzja odniesiona w czasie pracy jako strażak wykluczyła go z bezpośredniego udziału w akcjach ratunkowych.

Szukając nowej drogi zawodowej, Carroll postanowił skorzystać z relacji, które nawiązał z zastępcą dyrektora lokalnego okręgu szkolnego.  Udało mu się przekonać go do zatrudnienia go na stanowisku młodszego programisty w dziale technologii informacyjnych, mimo że nigdy wcześniej nie napisał ani jednej linii kodu. Pierwszy rok spędził, pracując przy systemie informacji o uczniach ze swojego okręgu szkolnego. Tworzył raporty, przygotowywał zestawienia dla klas i współpracował z

grupą młodych, bardzo zdolnych kolegów – większość z nich miała dwadzieścia kilka lat.
– Jeden z nich zajmował się systemem GIS. Wtedy nie miałem pojęcia, co to w ogóle jest – wspomina Carroll. *„W jego biurze wszystkie cztery ściany były pokryte mapą zależności obiektów – przedstawiała ona, jak poszczególne elementy, takie jak klasy obiektów i ich atrybuty, są ze sobą powiązane w bazie danych. Dzięki temu możliwe było porównywanie i analiza relacji między danymi.”*

Carroll był zafascynowany. „Siedziałem tam przez większą część sześciu dni, studiując to, przypominając sobie, żeby wracać do domu na noc” – wspomina. W ciągu sześciu tygodni Carroll napisał swoją pierwszą aplikację GIS.

# Za mapą

GIS często kojarzy się tylko z tworzeniem map, ale Carroll dostrzegł w nim coś więcej. Podobała mu się wizualna strona map, jednak tym, co naprawdę go zafascynowało, była możliwość przechowywania i prezentowania danych w zupełnie nowy sposób.

To właśnie na tym polega geniusz systemów GIS – powiedział. – Tak wiele z tego, co robimy na świecie, opiera się na bazach danych. Graficzna warstwa, którą widzimy na pierwszy rzut oka, jest świetna, ale GIS to coś znacznie głębszego i bogatszego niż tylko przedstawianie danych na mapie.

W tym samym czasie Carroll dowiedział się również o zintegrowanych systemach zarządzania miejscem pracy. *„To narzędzie, którego używasz na co dzień, aby przesyłać informacje między różnymi aplikacjami czy działami”* – wyjaśnił. Na przykład, projekt budowlany mógłby korzystać z takiego systemu, aby przejść przez cały cykl życia – od planowania, przez budowę, aż po operacje i utrzymanie.

– Gdy o tym usłyszałem, pomyślałem: *„Przecież GIS robi dokładnie to samo*” – mówi Carroll. – W końcu to system oparty

na bazie danych.

To właśnie wtedy zrodził się pomysł, by wykorzystać te możliwości do stworzenia cyfrowego bliźniaka.

## Nowy wymiar

W 2018 roku Uniwersytet Kentucky zatrudnił Carrolla na stanowisku specjalisty ds. projektów technicznych, aby opracować mapy infrastruktury kampusu. Projekt obejmował szczegółowy audyt obiektów i zasobów, często z wykorzystaniem papierowych planów jako wskazówek do określania lokalizacji. Zintegrowany system informacji geograficznej, dostępny na urządzeniach mobilnych, pomógł członkom zespołu Carrolla śledzić zebrane informacje w czasie rzeczywistym.

Carroll kazał swojemu zespołowi skupić się na infrastrukturze. Wkrótce na mapie zaczęły pojawiać się sieci kabli, przewodów i rur, jednak czegoś brakowało. Mapy wciąż były tylko mapami – dwuwymiarowymi dokumentami.

Zespół opracował mapy pięter budynków wielokondygnacyjnych. Drony, lidar i fotogrametria pomagały precyzyjnie określić lokalizację infrastruktury podziemnej – łącznie z głębokością – z dokładnością do dwóch centymetrów.

Wszystkie te informacje dotyczące elementów znajdujących się nad i pod ziemią wskazywały na potrzebę wprowadzenia trzeciego wymiaru. GIS oferował taką możliwość.

Z pomocą narzędzi do pozyskiwania danych przestrzennych mapa przekształciła się w trójwymiarowy model, a po połączeniu z bazą danych i czujnikami – w cyfrowego bliźniaka.

Podczas gdy modele 3D są strukturami statycznymi, cyfrowe bliźniaki są dynamiczne. Dzięki wykorzystaniu **ArcGIS Velocity** – rozszerzenia do platformy **ArcGIS Online**, które umożliwia integrację dużych strumieni danych w środowisku GIS – uczelnia wzbogaciła swój cyfrowy bliźniak o możliwość dostarczania

aktualnych informacji kontekstowych w czasie rzeczywistym.

W następstwie sukcesu projektu badawczego i inicjatywy mapowania cyfrowego bliźniaka, uczelnia awansowała Carrolla na stanowisko dyrektora ds. infrastruktury.

# Nowe spojrzenie na rzeczywistość

Kiedy w infrastrukturze Uniwersytetu Kentucky coś się wydarzy – lub wymaga interwencji – cyfrowy bliźniak natychmiast to rejestruje. W krótkim czasie otrzymują tę informację także odpowiednie zespoły operacyjne. Carroll niedawno zaprezentował, jak działa ten mechanizm w praktyce.

Na ekranie komputera wyświetlił wycinek kampusu wraz z panelem zarządzania (dashboardem), który prezentował aktualne zdarzenia i stany alarmowe. System wygenerował powiadomienie o usterce baterii w jednej z jednostek systemu czujników, odpowiedzialnych za monitorowanie dostępności, stanu technicznego i wydajności uczelnianego systemu zasilania awaryjnego (UPS – Uninterruptible Power Supply).

Sieć systemów sterowania budynkiem, zintegrowana z cyfrowym bliźniakiem, pełni wiele funkcji. Umożliwia wykrywanie warunków panujących w pomieszczeniach – takich jak zmiany temperatury, wahania ciśnienia atmosferycznego, a nawet wycieki wody „Woda i instalacje elektryczne to wyjątkowo niebezpieczne połączenie, dlatego w takim przypadku system generuje natychmiastowy alarm” – wyjaśnia Carroll.

Gdy pojawi się usterka, system zasilania awaryjnego (UPS) automatycznie generuje zlecenie serwisowe i przekazuje ekipom informacje o lokalizacji, w której należy wykonać pracę. W trakcie usuwania awarii technicy korzystają z urządzeń mobilnych, aby na bieżąco aktualizować status i finalnie zamknąć zlecenie.

To, co oferuje cyfrowy bliźniak, to cenny kontekst – element,

który Carroll uważa za kluczowy w skutecznym zarządzaniu infrastrukturą uczelni.

*„To, co jesteśmy dziś w stanie zrobić – a czego nie moglibyśmy osiągnąć bez GIS – to dostrzegać zależności pomiędzy zdarzeniami”* – tłumaczy Carroll. *„Załóżmy, że dwa sąsiadujące budynki tracą zasilanie. Dzięki GIS możemy zobaczyć, w jaki sposób są ze sobą powiązane, ponieważ system pokazuje nam dokładne lokalizacje usterek. Jeśli problem dotyczy instalacji elektrycznej, zobaczymy wszystkie powiązane awarie w sposób kompleksowy i całościowy.”*

Tak kompleksowy obraz znacząco upraszcza proces diagnozowania usterek. *„Jestem w stanie rozwiązać problem w ułamku czasu, który byłby potrzebny w tradycyjnym podejściu”* – mówi Carroll. *„Dzięki danym powiązanym, pochodzącym z wielu zintegrowanych systemów, możemy przeprowadzić dużą część analizy jeszcze przed podjęciem fizycznych działań.”*

Sieć systemów sterowania budynkiem obejmuje nawet kanalizację uczelni. Czujniki zamontowane na włazach technicznych potrafią wykrywać cofki ścieków, informować o uruchomieniu pompy zasilającej lub wskazywać, czy potrzebna jest interwencja człowieka. To szczególnie przydatne, gdy ekipy techniczne muszą zejść na dół.
– Nie chcemy nikogo wysyłać prosto do zalanej studzienki – podkreśla Carroll.

# Życie pod ziemią

Włazy techniczne to zaledwie wierzchołek góry lodowej – pod kampusem Uniwersytetu Kentucky rozciąga się złożona sieć infrastruktury podziemnej: gazociągi, linie energetyczne, wodociągi, kanalizacja i sieć światłowodowa. Wszystkie te elementy zostały odwzorowane w cyfrowym bliźniaku.

– Oto wizualizacja kontekstu tego *„spaghetti”*, które mamy pod stopami – mówi Carroll, pokazując ekran wypełniony gęstą

siatką przecinających się kolorowych linii.

Zespół Carrolla w imponującym tempie zbudował ten model.
– Cały system, który widzisz na ekranie, zacząłem tworzyć w 2018 roku – mówi Carroll. – Każdy element wprowadziłem ręcznie. A za każdym razem, gdy na terenie kampusu rozpoczynają się prace budowlane, wysyłamy bezzałogowe statki powietrzne (drony), aby aktualizować dane i jeszcze dokładniej odwzorować rzeczywistość.

Jednym z kluczowych komponentów cyfrowego bliźniaka jest kampusowa sieć światłowodowa. Inżynierowie korzystają z mapy GIS, aby planować nowe połączenia i analizować dostępność włókien światłowodowych. Każde nowe zlecenie wymaga zaplanowania optymalnej trasy – im mniej połączeń między kablami (tzw. „przeskoków”), tym lepsza jakość sygnału.

– Śledzimy każdą trasę w czasie rzeczywistym, aby upewnić się, że zaproponowane połączenie jest technicznie możliwe – wyjaśnia Carroll, klikając opcję śledzenia na panelu. Chwilę później mapa potwierdza sukces. – Gotowe. Działa!

Cyfrowy bliźniak to znacznie więcej niż mapa – to kompleksowe narzędzie stworzone od podstaw: z wbudowaną logiką działania, zautomatyzowanymi procesami, integracją danych i możliwością pracy zarówno w biurze, jak i w terenie czy na urządzeniach mobilnych.

– Z dumą mogę powiedzieć, że jesteśmy jedynym kampusem w USA, który posiada takie rozwiązanie – podsumowuje Carroll.