بناء مراكز البيانات واستراتيجيات التخطيط المكاني من منظور القوى الإنتاجية الجديدة النوعية

XU Su, ZHAO Min

ملخص: تُعد مراكز البيانات بنية تحتية جديدة مهمة في العصر الراهن، ولها دلالة عملية وبعيدة المدى في دعم الترتيبات الاستراتيجية الوطنية الكبرى وتعميق اندماج الاقتصاد الحقيقي بالاقتصاد الرقمي. ومن منظور القوى الإنتاجية الجديدة النوعية، تحلل هذه الدراسة اتجاهات تموضع مراكز البيانات وتفضيلاتها في اختيار المواقع، وتناقش علاقتها بتخطيط المدن الجديدة والمناطق الحضرية الجديدة وبنائها. فبناء مراكز البيانات يتطلب موارد بيئية كبيرة، مثل الكهرباء والمياه والأرض، كما يتطلب استدامة الخدمات التقنية وسهولة وصول المستخدمين المباشرين وغير المباشرين، بما يلبي حاجات أطراف متعددة ومعقدة. وبوجه عام، تفضل المراكز فائقة الضخامة المناطق ذات التكلفة المنخفضة والملائمة للتبريد الطبيعي من أجل خفض تكاليف التشغيل والصيانة؛ بينما تختار المراكز الكبيرة والمتوسطة المدن أو الأقاليم الاقتصادية القريبة من الأسواق الرئيسية لتقليل زمن انتقال البيانات؛ وتتمتع المراكز الصغيرة بمرونة مكانية عالية. وغالبا ما تقع مراكز البيانات في أطراف المدن الكبرى تحت تأثير مركب لعوامل سوق المستخدمين والبيئة الجغرافية والبنية الشبكية والسياسات المالية والضريبية وإجراءات الوقاية من الكوارث. وتمثل المدن الجديدة والمناطق الجديدة حوامل رئيسية لمراكز البيانات، إذ تتوافق مع معايير اختيار مواقعها وتسهم في تنمية الوظائف الإقليمية ودعم القوى الإنتاجية الجديدة النوعية.

الكلمات المفتاحية: القوى الإنتاجية الجديدة النوعية؛ البنية التحتية الجديدة؛ مراكز البيانات؛ المدن الجديدة والمناطق الجديدة؛ استراتيجيات التخطيط

تصنيف المكتبة الصينية: TU984؛ رمز الوثيقة: A

DOI: 10.16361/j.upf.202501005؛ رقم المقال: 1000-3363(2025)01-0034-06

نبذة عن المؤلفين: Su XU، أستاذة مشاركة في قسم تخطيط وتصميم المناظر الطبيعية بجامعة شرق الصين للعلوم والتكنولوجيا، ومشرفة على طلبة الماجستير. البريد الإلكتروني: xusutju@126.com؛ Min ZHAO، أستاذ ومشرف على طلبة الدكتوراه في كلية العمارة والتخطيط الحضري بجامعة تونغجي، وفي المختبر الرئيسي لتقنيات التخطيط الذكي للفضاء الإقليمي التابع لوزارة الموارد الطبيعية؛ المؤلف المراسل. البريد الإلكتروني: zhaomin@tongji.edu.cn.

التمويل: مشروع تخطيط الفلسفة والعلوم الاجتماعية في شنغهاي «الموقع الوظيفي ومسارات التحسين في بناء المدن الجديدة داخل المدن العملاقة» (رقم المشروع: 2023BCK009).

القوى الإنتاجية الجديدة النوعية هي قوى إنتاجية يدفعها التعمق في تطبيق التقنيات الجديدة، وتتسم بالظهور السريع لصناعات وأشكال أعمال ونماذج جديدة، بما يفضي إلى بناء علاقات إنتاج اجتماعية وأنساق مؤسسية جديدة①. ويرتبط تطوير هذه القوى بالتخطيط الحضري عبر منطق متعدد المستويات؛ فهو يحتاج إلى ابتكار مكاني يوفر دعما إقليميا قويا، كما يحتاج إلى ابتكار رقمي ذكي يطلق تدريجيا نموا جديدا للقوى الإنتاجية في المناطق الحضرية[1-3]. وتعد مراكز البيانات حلقة محورية في سلسلة صناعة الاقتصاد الرقمي؛ فهي ليست مكونا أساسيا في البنية التحتية الجديدة فحسب، بل تمثل أيضا مظهرا ومرتكزا للقوى الإنتاجية الجديدة النوعية، وتؤدي دورا حاسما في الاقتصاد الابتكاري العالمي. ومع ارتقاء تقنيات المؤسسات وتعمق البحث والتطبيق في الذكاء الاصطناعي، تتزايد مساهمة البيانات الضخمة، بوصفها عنصر إنتاج جديدا، في النمو الاقتصادي. كما يتنامى الطلب على قدرات الحوسبة عالية الأداء في مجالات الحكومة الذكية وإدارة المدن، بما يوسع الحاجة إلى مراكز البيانات. وعلى المستوى العالمي، تستثمر شركات تقنية كبرى مثل مايكروسوفت وغوغل وأمازون عشرات المليارات من الدولارات في بناء مراكز بيانات جديدة؛ كما خصصت شركة إيلون ماسك مؤخرا استثمارات ضخمة في ممفيس لإنشاء مركز حوسبة فائقة بمستوى مئة ألف بطاقة تسريع، وأعلنت إطلاق أحد أقوى عناقيد تدريب الذكاء الاصطناعي في العالم.

إن التموضع الاستراتيجي للصين في المنافسة العالمية على بناء مراكز البيانات يرتبط بقدرتها على احتلال موقع متقدم في عصر الذكاء الاصطناعي. فعلى المستوى الوطني، انتقلت السياسات من دعم مركز بيانات منفرد، إلى إنشاء مؤسسات متخصصة، ثم إلى تنفيذ تخطيط استراتيجي نسقي، بما يعكس الأهمية الكبيرة المعطاة لهذه المنشآت والعزم على دفعها بصورة شاملة. وفي يوليو 2024 اعتمدت الجلسة الكاملة الثالثة للجنة المركزية العشرين للحزب الشيوعي الصيني «قرار اللجنة المركزية للحزب الشيوعي الصيني بشأن مواصلة تعميق الإصلاح على نحو شامل ودفع التحديث الصيني»، ونص صراحة على «بناء منظومة للتخطيط والمعايير الخاصة بالبنية التحتية الجديدة، وإكمال آليات الاستخدام المتكامل لها». وفي ظل سياسات البنية التحتية الجديدة في العصر الجديد، أصبح التوزيع المكاني والتخطيط العلمي لمراكز البيانات ذا معنى استراتيجي. وتهدف هذه المقالة إلى تحليل اتجاهات توزيع مراكز البيانات، ودراسة العوامل المؤثرة في اختيار مواقع بنائها، ومناقشة صلتها بتخطيط المدن الجديدة والمناطق الجديدة وبنائها، بما يساعد من جانب العرض على تحسين علاقات الإنتاج الجديدة وتهيئة مواقع جديدة للتنمية عالية الجودة[4].

1 البنية التحتية الجديدة: بنية تحتية موجهة نحو القوى الإنتاجية الجديدة النوعية

1.1 خصائص مراكز البيانات بوصفها بنية تحتية جديدة

تشير البنية التحتية عادة إلى مجموعة الخدمات الضرورية والمرافق العامة والأنظمة المادية التي يحتاجها المجتمع، مثل شبكات النقل وإمدادات الكهرباء وأنظمة المياه. وهي تسند الحياة اليومية والنشاط الاقتصادي، وتمثل أساس عمل المجتمع، وتتسم بالاستدامة وكثافة رأس المال والطابع العام والشبكية. وفي عصر الرقمنة والذكاء، طرح باحثون[5] مفهوم «دماغ المدينة» باعتباره مكونا أساسيا من البنية التحتية الحضرية. وبوصفها بنية تحتية جديدة في عصر الرقمنة والذكاء، تتمتع مراكز البيانات بخصائص البنية التقليدية، لكنها تتميز أيضا بما يلي: أولا، تركز على معالجة المعلومات وتطبيق التقنية، وتقدم خدمات تتجاوز الشكل المادي التقليدي. ثانيا، يفرض التطور السريع للتقنية ترقية مستمرة لأنظمة مراكز البيانات، بوتيرة تفوق بكثير البنى التقليدية. ثالثا، يعتمد تشغيلها على قدر كبير من الكهرباء، ولذلك تؤثر متطلبات الطاقة والتبريد بوضوح في البيئة. رابعا، يعتمد أداؤها الوظيفي بدرجة عالية على اتصال شبكي مستقر وسريع، وتؤثر جودة الشبكة مباشرة في جودة الخدمة وكفاءتها.

فضلا عن ذلك، يختلف اختيار موقع مركز البيانات عن اختيار موقع البنية التحتية التقليدية أو المؤسسة العادية، بسبب تعقد احتياجات الخدمة وتعدد الأطراف المعنية. فبوصفه قلب البنية الرقمية، يخدم مركز البيانات طيفا واسعا من العملاء، بما في ذلك الحكومات والمؤسسات، ويشمل أطرافا متعددة مثل المستثمرين والمنفذين والمشغلين ومطوري النماذج (الشكل .(1 ويؤثر تنوع العملاء واحتياجاتهم، مباشرة وبصورة غير مباشرة، في التكوين الوظيفي للمركز وفي اختيار موقعه. لذلك ينبغي أن يراعي توزيعه وموقعه متطلباته الخاصة من حيث التكلفة والبيئة والتقنية، وأن يضمن في الوقت نفسه سهولة وصول المستخدمين المحليين والدوليين إليه.

الشكل 1 الأطراف الرئيسية المشاركة في بناء مراكز البيانات واختيار مواقعها

1.2 بناء مراكز البيانات والحكومة الفاعلة من منظور القوى الإنتاجية الجديدة النوعية

لا يعتمد تطوير القوى الإنتاجية الجديدة النوعية على المنافسة الحرة في سوق فعالة بما تحفزه من ابتكار تقني ورفع للكفاءة فحسب، بل يحتاج أيضا إلى دعم حكومة فاعلة في التوقيت المناسب من أجل تجاوز مشكلات العوامل الخارجية واختناقات البنية التحتية الجديدة[6]. كما أن الطابع الأساسي للبنية التحتية الجديدة يجعل الحكومة غير قادرة على التنصل من مسؤوليتها النهائية بدعوى ارتفاع درجة التسويق والخصخصة[7-8].

واجه جانب العرض في مراكز البيانات سابقا تحديات في اختيار المواقع والقيود على استهلاك الطاقة في المدن من الدرجة الأولى[9]. وعلى الرغم من الإنجازات الملحوظة التي حققتها الصين في البنية التحتية الرقمية، لا تزال مفارقة العرض والطلب قائمة. وقد شهدت مدن عملاقة مثل شنغهاي وبكين تعديلات متكررة في سياسات عرض مراكز البيانات؛ وهذا يعكس من جهة تحديات البناء في مدن تتزايد فيها ندرة الموارد، ومن جهة أخرى تعمق إدراك مديري المدن لأهمية هذه المراكز في التطور التقني والاقتصادي والاجتماعي. ومن ثم، ينبغي للحكومة الفاعلة أن تخفف تعارضات الموارد المكانية عبر تحسين توزيع مراكز البيانات ومواقع بنائها. ويعد الجمع بين التدخلات الحكومية الاستراتيجية وآليات السوق الفعالة مفتاحا لدفع التنمية المستدامة للاقتصاد الرقمي والقوى الإنتاجية الجديدة النوعية.

2 نظرة عامة إلى توزيع مراكز البيانات في الصين ومعايير اختيار مواقعها

2.1 نظرة عامة إلى توزيع مراكز البيانات في الصين

في عام 2022، ولمواجهة الطلب الكبير على القدرة الحاسوبية في شرق الصين، رغم قيود استهلاك الطاقة وارتفاع تكلفة الكهرباء، أطلقت اللجنة الوطنية للتنمية والإصلاح مع جهات أخرى مشروع «البيانات من الشرق والحوسبة في الغرب» لتخصيص الموارد عبر الأقاليم. وخطط المشروع لبناء ثمانية محاور وطنية للحوسبة، منها بكين-تيانجين-خبي، ودلتا نهر اليانغتسي، ومنطقة الخليج الكبرى قوانغدونغ-هونغ كونغ-ماكاو، وتشنغدو-تشونغتشينغ، إضافة إلى عشرة عناقيد للحوسبة مثل تشانغجياكو ووهو وهورينغر. كما تعرف قويآن ويانغتشيوان وأولانتشاب وتشونغوي وكراماي باسم «المدن الصينية الخمس لمراكز البيانات». ومن منظور زمني، تركزت مراكز البيانات في الصين عام 2018 أساسا في المناطق الساحلية الشرقية والمدن المركزية مثل بكين وشنغهاي وقوانغتشو وما حولها، وكانت أقل عددا في الوسط والغرب والشمال[9]. وفي الوقت الراهن، يقع أكثر من 65% من منشآت مراكز البيانات في التكتلات الحضرية الثلاثة الكبرى، بما يتوافق مع تجمع مقار الشركات والمؤسسات المالية وشركات الإنترنت. وبحلول 2024 بات هذا التركيز أوضح. فوفقا لتحليل بيانات نقاط الاهتمام في نهاية سبتمبر 2024 باستخدام كلمتي «مركز بيانات» و«مركز بيانات ضخمة»، تجاوزت الحصة السوقية لكل من قوانغدونغ وبكين وشنغهاي وجيانغسو، مجتمعة، ثلث السوق الوطنية (35.88%) من حيث عدد مراكز البيانات، ما يدل على تركيز مرتفع بين المقاطعات. وعلى مستوى المدن، تتركز المراكز أساسا في المدن من الدرجة الأولى والمناطق الاقتصادية المتقدمة؛ إذ تستحوذ عشرون مدينة، منها بكين وشنغهاي وقوانغتشو وشنتشن، على 38.14% من السوق الوطنية، بما يكشف صلة واضحة بين توزيع مراكز البيانات ومستوى التنمية الاقتصادية (الجدول 1).

الجدول 1 أول عشرين مدينة من حيث عدد مراكز البيانات والمقاطعات التابعة لها

排名	城市	数据中心数量 / 个	所在省或直辖市	市场份额 / %	至最近地级市驻地中心的平均距离 / m
1	北京市	114	北京	8.61	19 275
2	上海市	102	上海	7.70	19 126
3	广州市	63	广东	4.76	20 287
4	深圳市	37	广东	2.79	15 772
5	武汉市	35	湖北	2.64	19 057
6	天津市	31	天津	2.34	23 155
7	重庆市	31	重庆	2.34	30 568
8	杭州市	28	浙江	2.11	20 050
9	东莞市	21	广东	1.59	17 028
10	苏州市	21	江苏	1.59	26 737
11	成都市	20	四川	1.51	22 405
12	廊坊市	18	河北	1.36	13 881
13	沈阳市	17	辽宁	1.28	10 228
14	郑州市	17	河南	1.28	19 906
15	佛山市	17	广东	1.28	17 095
16	张家口市	15	河北	1.13	54 935
17	青岛市	15	山东	1.13	33 286
18	大连市	15	辽宁	1.13	18 032
19	南京市	14	江苏	1.06	16 635
20	济南市	14	山东	1.06	20 511
	合计	645		48.69	21 898.45(平均)

注：“至最近地级市驻地中心的平均距离/m”由地级市范围内的数据中心POI至所在地级市驻地点估算得出

2.2 معايير اختيار مواقع بناء مراكز البيانات

يمثل توزيع مراكز البيانات عملية قرار معقدة ومتعددة الأبعاد، تتداخل فيها عوامل اقتصادية وبيئية وتقنية واجتماعية[11-10]. وبعد تحديد التوزيع الكلي، يتمثل الهدف الرئيس لاختيار الموقع في ضمان تشغيل طويل الأجل، كفء ومستدام، من خلال تحسين استخدام الموارد وضبط التكاليف وإدارة المخاطر.

2.2.1 السياسات والمعايير ذات الصلة

صدرت عدة وثائق سياسات تتعلق بتخطيط مراكز البيانات وبنائها. فقد طرح «الرأي الإرشادي بشأن تخطيط بناء مراكز البيانات» الصادر عن وزارة الصناعة وتكنولوجيا المعلومات في عام 2013 متطلبات الاختيار العقلاني للمواقع، والتخطيط بعيد المدى، والتوزيع المتوازن. كما نص «الرأي الإرشادي بشأن مواصلة تعزيز ترشيد الطاقة وخفض الانبعاثات في قطاع الاتصالات» على أن تكون قيمة كفاءة استخدام الطاقة (PUE) في مراكز البيانات الجديدة أقل من 1.4. وفي عام 2015 أدرجت الوزارة، في «دليل تصنيف خدمات الاتصالات (إصدار 2015)»، أعمال مراكز البيانات ضمن فئة خدمات IDC، وحددت متطلبات النفاذ إلى السوق. وفي العام نفسه أصدر مجلس الدولة «مخطط العمل لتعزيز تنمية البيانات الضخمة»، ودعا إلى دمج موارد مراكز البيانات المتفرقة لرفع كفاءة معالجة البيانات. أما على مستوى التقييس، فقد حدد المعيار الوطني «مدونة تصميم مراكز البيانات» (GB/50174-2017) المتطلبات التفصيلية لاختيار الموقع الجزئي من حيث الكهرباء والاتصالات والبيئة وغيرها.

2.2.2 معايير اختيار المواقع

بحسب الدراسات ذات الصلة، ينبغي أن يتبع توزيع مراكز البيانات أربعة مبادئ: التوجه بالطلب، والتوجه بالكلفة، وبيئة التشغيل، والسلامة[12]. وتلخص هذه المقالة تلك المبادئ في ثلاثة أبعاد رئيسية: التوجه بالطلب، والتوجه بالكلفة، والتوجه بإدارة المخاطر، وتفسر بناء عليها معايير اختيار مواقع مراكز البيانات.

(1) التوجه بالطلب. يبرز هذا البعد التأثير المباشر لطلب السوق والمتطلبات التقنية في اختيار مواقع بناء مراكز البيانات. فقد زاد تطور تقنيات المعلومات متطلبات سرعة معالجة البيانات وكفاءتها، ولذلك تحتاج مراكز البيانات إلى الاقتراب من الشبكات المحورية ومن تجمعات المستخدمين الرئيسيين لخفض التأخير وتحسين سرعة الاستجابة. كما تعد جودة اتصال الألياف الضوئية وتوافر خدمات الشبكة وقدرة نقل البيانات عوامل مهمة، ولا سيما في التطبيقات التي تعالج بيانات ضخمة ذات حساسية عالية للزمن الحقيقي، حيث يكون الاختيار الرشيد للموقع الجغرافي أمرا بالغ الأهمية.

(2) التوجه بالكلفة. يركز هذا البعد على الجدوى الاقتصادية لاختيار الموقع، بما يشمل تكاليف البناء الأولية وتكاليف التشغيل الطويلة الأمد. فالأرض ومواد البناء تؤثر في تكاليف الإنشاء، بينما تؤثر أسعار الكهرباء واستقرارها، والمناخ، والقدرة على الوصول إلى الإنترنت السريع، وتوافر الخدمات، وسهولة النقل، في تكاليف التشغيل. ويؤثر استهلاك الطاقة، ولا سيما الكهرباء وكفاءة التبريد، بصورة كبيرة في تكلفة التشغيل؛ وفي الظروف المناخية الملائمة يمكن لتقنيات التبريد الطبيعي أن تخفض استهلاك الطاقة بفعالية. كما تؤثر السياسات واللوائح الوطنية والإقليمية بوضوح في الكلفة؛ فسياسات «البنية التحتية الجديدة» في الصين تشمل توفير دعم في الأرض والطاقة والتمويل لمراكز البيانات، بينما تشجع الولايات المتحدة وأوروبا البناء عبر الإعفاءات الضريبية أو الدعم المالي، وقد استفاد نمو مراكز البيانات في الهند وغيرها أيضا من الحوافز الضريبية.

(3) التوجه بإدارة المخاطر. يركز هذا البعد على تقييم المخاطر البيئية والسياسية المحتملة في اختيار الموقع، وهو وثيق الصلة بالوظيفة المهمة لمراكز البيانات في التعافي من الكوارث. وتشمل المخاطر البيئية مخاطر الكوارث الطبيعية داخل الإقليم، مثل الزلازل والفيضانات والكوارث المناخية. وينبغي في عملية الاختيار إيلاء اهتمام خاص لجودة البيئة وتجنب المناطق شديدة التلوث. كما أن استقرار السياسات الوطنية والإقليمية، وسلامة النظام القانوني، وسياسات أمن المعلومات، كلها عوامل ينبغي أخذها في الاعتبار وإدارتها عند اختيار مواقع مراكز البيانات.

خلاصة القول إن قرار اختيار موقع مركز البيانات يجب أن يدمج عوامل عديدة، منها خدمة السوق، والظروف الطبيعية، والبنية التحتية، وإمدادات الطاقة، والبيئة السياسية، وتكاليف البناء والتشغيل، وضبط المخاطر. وبوجه عام، تميل مراكز البيانات إلى اختيار المناطق ذات الكهرباء الرخيصة، وإمدادات الطاقة الكافية، والمناخ الملائم، والمخاطر المنخفضة للكوارث الطبيعية. ومع تطور الحوسبة السحابية والبيانات الضخمة وتنوع سيناريوهات تطبيق مراكز البيانات، ستستمر وظائفها وأحجامها في التغير، مما يزيد تعقيد اعتبارات اختيار المواقع.

2.2.3 تفضيلات اختيار الموقع باختلاف أنواع مراكز البيانات

يمكن تصنيف مراكز البيانات من زوايا متعددة وفقا لفئات الخدمة والحجم. فمن حيث الحجم، تقسم إلى مراكز فائقة الضخامة، وكبيرة، ومتوسطة وصغيرة؛ ومن حيثالخدمة، إلى مراكز بيانات وطنية، ومراكز بيانات إنترنت، ومراكز بيانات مؤسسية؛ ومن حيث نمط التشغيل، إلى مراكز ذاتية البناء ومراكز مستضافة (الجدول 2).

الجدول 2 تصنيف مراكز البيانات وتحليل حساسيتها لعوامل اختيار الموقع المختلفة

	类别	特征	需求导向	成本导向	风险管理导向
处理规模	超大型数据中心（HDC）	规模大于10 000个标准机架的数据中心	★	★★★	★★★
	大型数据中心（LDC）	规模介于3000—10 000个标准机架的数据中心	★★	★★	★★
	中小型数据中心（SME-DC）	规模小于3000个标准机架的数据中心	★★★	★	★★★
服务对象	国家数据中心（NDC）	由政府投资建设的公共服务数据中心	★	★★★	★★★
	互联网数据中心（IDC，也称托管数据中心）	由IDC服务商搭建，向客户提供互联网基础平台服务及各种增值服务的数据中心	★★	★★	★★
	企业数据中心（EDC，也称自建数据中心）	由企业或机构自建并所有，服务于企业或机构自身业务的数据中心，是一个企业数据存储、运算和交换的核心计算环境	★★★	★	★★★

注：星号数量越多，表示对该类因素越敏感
资料来源：作者根据数据中心分类参考中商产业研究院《2024年中国数据中心行业市场前景预测研究报告》整理

بوجه عام، تصمم المراكز فائقة الضخامة لمعالجة كميات هائلة من البيانات ومهام الحوسبة عالية الأداء. وهي غالبا مراكز بيانات وطنية، أو منشآت تبنيها وتشغلها شركات خدمات سحابية مثل AWS Amazon وAzure Microsoft وCloud. Google وتمثل هذه المراكز القدرة التقنية الأساسية للدولة أو المؤسسة؛ وهي قليلة العدد لكنها ضخمة الحجم وحساسة جدا للكلفة والمخاطر، ولذلك ينبغي أن تركز على عوامل المناخ وإمدادات الطاقة. وتستخدم أساسا لتخزين البيانات الباردة والبيانات التي لا تتطلب سرعة زمنية عالية، وتقع عادة في مناطق تنخفض فيها تكاليف البناء والحوسبة، مثل العقد الثمانية لمحاور الحوسبة الوطنية التي تبنيها الصين.

أما مراكز البيانات الكبيرة فهي غالبا مراكز بيانات إنترنت، تقدم للعملاء منصات بنية تحتية للإنترنت وخدمات بيانات ذات قيمة مضافة. ويتشارك عدة عملاء في منشأة واحدة، ويمكنهم استئجار رفوف أو غرف أو أجزاء من المركز؛ ويتولى مقدم الخدمة مسؤولية المنشآت المادية والبنية الأساسية مثل الكهرباء والتبريد والأمن، بينما يدير المستأجرون معداتهم وبياناتهم. وينبغي لهذه المراكز أن تراعي إمدادات الطاقة والبيئة المناخية، إلا أن الأهم هو قربها من سوق الخدمة والعملاء. وتخدم المراكز الكبيرة والمتوسطة أساسا الحوسبة السحابية، وتقع عادة في المدن المركزية، حتى تكون قريبة من العملاء وتخفض تأخير الشبكة، وتستفيد من كثافة المواهب في المدن لمعالجة البيانات الساخنة ذات التردد العالي، مثل مجمع مركز بيانات وايغاوتشياو في شنغهاي ومراكز البيانات قيد الإنشاء في تشينغبو ولينغانغ.

وتستطيع الشركات أو المؤسسات أيضا بناء مراكز بياناتها وتشغيلها ذاتيا، وغالبا ما تكون صغيرة الحجم. وتختار هذه الشركات البناء الذاتي لأسباب تتعلق بالأمن، والسيطرة على البيانات، والاحتياجات الخاصة بالأعمال، أو خفض تكاليف الاستئجار على المدى الطويل. وتتموضع هذه المراكز بمرونة داخل المؤسسة أو قرب مواقع العملاء، بحسب ظروف الشركة والسوق. وبالنسبة إلى سيناريوهات التطبيق ذات المتطلبات العالية جدا في الزمن الحقيقي والأمان، فإن مراكز IDC الصغيرة والميكروية المنتشرة في الشبكات الطرفية تقع عادة في المناطق كثيفة المستخدمين، لتحقيق تأخير فائق الانخفاض وخدمات محلية للغاية، مثل مراكز بيانات التمويل والبنوك الموزعة في المدن الصينية (الشكل 2).

الشكل 2 مخطط المرحلة الأولى لمركز تشاينا تيليكوم للحوسبة الذكية في لينغانغ

注：一期占地119亩（约7.9 hm^2），介于超大型至大型规模之间，规划承载10万卡智算集群
资料来源：临港算力（上海）科技有限公司公众号

3 الخبرات الدولية في بناء مراكز البيانات

3.1 بناء مراكز البيانات في الولايات المتحدة

بدأت الولايات المتحدة مبكرا في توزيع مراكز البيانات، وأصبحت رائدة نمو هذه الصناعة عالميا. وتعد ولايات فرجينيا وتكساس وكاليفورنيا المناطق الرئيسية لبناء مراكز البيانات، تليها إلينوي وجورجيا ونيفادا وغيرها، مع تركز واضح في الغرب والجنوب الشرقي. وقد تطورت مدينة آشبورن في فرجينيا إلى أكبر تجمع لمراكز البيانات في العالم، إذ أقامت فيها شركات تقنية كبرى مثل AWS Amazon ومايكروسوفت وغوغل وMeta مراكز بياناتها الرئيسية.

يعكس توزيع مراكز البيانات في الولايات المتحدة التأثير المركب لاقتصاد السوق والبيئة الجغرافية والبنية التحتية والسياسات المالية والضريبية. فقد أصبحت فرجينيا وتكساس مثلا مناطق ساخنة لبناء مراكز البيانات بفضل بنيتهما التحتية المتقدمة، وانخفاض تكاليف الطاقة نسبيا، والحوافز الضريبية الحكومية. ففي فرجينيا، حيث تقع آشبورن، توجد إعفاءات ضريبية وتسهيلات في تكاليف الطاقة؛ ويمكن لمراكز البيانات التي تستوفي شروطا معينة أن تتمتع بإعفاء ضريبي لمدة تصل إلى عشر سنوات. وتقع آشبورن بالقرب من واشنطن العاصمة، وتملك إمدادا وافرا من الكهرباء وبنية متقدمة للألياف الضوئية. كما تتركز مراكز البيانات فيها أساسا في الضواحي، حيث تتوافر الأراضي وتنخفض أسعارها، وتكون الحساسية تجاه الضوضاء وسائر الآثار البيئية أقل.

3.2 بناء مراكز البيانات في اليابان

رغم القيود الجغرافية وموارد الطاقة، أصبحت اليابان موقعا تنافسيا عالميا لمراكز البيانات اعتمادا على الإعفاءات الضريبية، وشبكات الاتصالات شديدة التطور، وإجراءات الوقاية المبتكرة من الكوارث، وحلول التبريد منخفضة الكلفة. وتتركز مراكز البيانات في اليابان أساسا في طوكيو وأوساكا، وقد أصبحت كوتو في طوكيو ومدينة تشيبا الجديدة تجمعين بارزين لهذه المراكز.

تقع مدينة تشيبا الجديدة في محافظة تشيبا اليابانية، وتتمتع بموقع جغرافي مميز، ووسائل نقل مريحة، وسياسات تخطيط وشروط توفير أرض أكثر مرونة؛ وقد أصبحت في السنوات الأخيرة منطقة تجمع مهمة لبناء مراكز البيانات (الشكل .(3 وبقربها من طوكيو، تتيح تشيبا الجديدة لمراكز البيانات فرصة الاقتراب من أكبر سوق في اليابان. كما توجد قربها أنهار كبيرة توفر مصادر مياه للتبريد. وبالمقارنة مع مراكز البيانات الواقعة في وسط المدينة، تمتلك مراكز تشيبا الجديدة شروط أرض أفضل ومساحات أوسع للتوسع.

الشكل 3 تجمع مراكز البيانات في مدينة تشيبا الجديدة

4 استراتيجيات التخطيط المكاني لبناء مراكز البيانات

يتضح من تحليل حالتي الولايات المتحدة واليابان أن جوهر استراتيجية اختيار مواقع مراكز البيانات هو الموازنة بين عوامل متعددة، مثل الاقتصاد والبيئة والأرض والبنية التحتية والمخاطر. ومن حيث توزيع مراكز البيانات واختيار مواقعها، تظهر الحالات الصينية والأمريكية واليابانية تفضيلا لأطراف المدن الكبرى وارتباطا قويا بالمدن الجديدة والمناطق الجديدة، وهو ما يرشد اتجاهات مهمة في البحث التخطيطي وصياغة الاستراتيجيات.

4.1 الوظيفة الجديدة للمدن والمناطق الجديدة: إشعاع إقليمي ودعم للقوى الإنتاجية الجديدة النوعية

منذ بداية القرن الجديد، شهدت الصين بناء مدن ومناطق جديدة على نطاق واسع، وأسهم ذلك في دعم النمو الاقتصادي والاجتماعي السريع. غير أنه لا يمكن إنكار أن بعض هذه المدن والمناطق لم تحقق نتائج مرضية بسبب بطء نمو الصناعات، وكثرة الأراضي الشاغرة، وانخفاض كفاءة الاستثمار. وفي ظل تباطؤ نمو الاقتصاد الصناعي والسكان الحضريين، تحتاج المدن والمناطق الجديدة القائمة في مختلف المناطق إلى إعادة النظر في موقعها الوظيفي ونقاط نموها الجديدة. وقد ناقش المؤلفان[13] سابقا مسألة تحديد وظيفة المدن الجديدة في ظل «فضاء التدفقات» وشبكات المدن، وأكدا أن المدن والمناطق الجديدة ينبغي ألا تخدم فقط تفريغ السكان والصناعات المفرطة الكثافة في المدن المركزية، بل أن تصبح أيضا مدنا عقدية ذات قدرة إشعاع إقليمية في مجالات تخصصية معينة.

تتسم أراضي المناطق المركزية في المدن الصينية العملاقة بالندرة، مما يتطلب آليات جديدة لتخصيص الموارد وأنماطا جديدة لاستخدام الفضاء تلائم حاجاتها[14]. وبوصف المدن والمناطق الجديدة ألواحا وظيفية ضمن الحواضر الكبرى، فإن مواردها الأرضية وقدرتها الاستيعابية في البنية التحتية أوفر نسبيا، وغالبا ما تتمتع بحوافز سياسات مناطق التطوير؛ لذلك فهي ملائمة جدا لأن تكون مناطق حاملة للبنى التحتية الجديدة مثل مراكز البيانات. وإذا أمكن اغتنام الفرص الجديدة وإدخال وظائف مثل مراكز البيانات عبر التخطيط والبناء، فسيساعد ذلك على تكوين فضاءات عقدية استراتيجية تشع على الإقليم وتدعم القوى الإنتاجية الجديدة النوعية.

ومن منظور إقليمي، فإن المدن والمناطق الجديدة القائمة والبلدات الضاحوية في مدن عملاقة مثل بكين وشنغهاي وقوانغتشو وشنتشن، وفي مدن كبرى مثل نانجينغ وهانغتشو وتيانجين ووهان، تصلح لأن تكون مناطق أساسية لتخطيط مواقع مراكز البيانات العادية وبنائها. أما المناطق الحضرية الجديدة في الغرب، مثل نينغشيا وقويتشو ومنغوليا الداخلية، فهي أنسب لتخطيط مراكز بيانات كبيرة للحوسبة السحابية تركز على تخزين «البيانات الباردة» أو حساب البيانات الضخمة. إضافة إلى ذلك، تتمتع بعض المدن الجديدة، مثل نانهوي في شنغهاي، بمزايا واضحة من حيث شروط توفير الأرض، والوصول إلى السوق، وإمدادات الطاقة، ونظم التبريد، مما يجعلها ملائمة للغاية لتخطيط وبناء مراكز بيانات فائقة الضخامة وكبيرة.

4.2 بناء مراكز البيانات والتنمية المحلية: تفسير نظري وابتكار مؤسسي في التخطيط

4.2.1 تفسير نظري للعلاقة بين الصناعة الرقمية والتنمية المكانية

في مناقشة التفاعل بين الاقتصاد الرقمي المدفوع بتقنية المعلومات والتحضر المحلي، توجد في مجال التخطيط آراء متعددة. ففي أوائل ثمانينيات القرن العشرين، رأى بعض الباحثين أن مناطق التكنولوجيا العالية ذات أثر محدود في التوظيف، ولا يمكن اعتبارها قوة جديدة للتحضر. غير أن تطور مدن ومناطق علمية وتكنولوجية في تسعينيات القرن العشرين، مثل مدينة تسوكوبا العلمية في اليابان، ووادي السيليكون في الولايات المتحدة، وتشونغقوانتسون وتشانغجيانغ في الصين، أثبت الدور المهم لتجمعات التكنولوجيا العالية في عملية التحضر. كما تؤكد نظرية فضاء التدفقات لدى Castells، والأعمال المتعلقة بشبكة المدن العالمية لدى Sassen وSoja، دور تقنيات المعلومات والاتصالات في تكوين المراكز الحضرية العالمية وتطور الضواحي. وتقدم هذه البحوث إضاءات نظرية لفهم التأثيرات المركبة لمراكز البيانات في التنمية الحضرية والتنبؤ بها.

وترى دراسات أخرى[15] أن بناء مراكز البيانات يولد آثار تجمعية، ويساعد على تركز سلاسل صناعة التكنولوجيا العالية. وغالبا ما تصاحب مناطق مراكز البيانات الكثيفة ترقية للبنى التحتية مثل النطاق العريض السريع وإمدادات الكهرباء، مما يجذب شركات التكنولوجيا ومؤسسات الخدمات المهنية، ويخلق نقاط نمو اقتصادي جديدة في صناعات مثل تصنيع الرقائق، وإنتاج الخوادم، ومعدات الشبكات، وحلول التخزين. ويجذب التطور المتآزر لهذه الصناعات التحويلية المتقدمة مزيدا من الصناعات والخدمات ذات الصلة، ويسرع تركز الصناعة والمواهب في مجالات الذكاء الاصطناعي ومعالجة البيانات الضخمة داخل المدن والمناطق الجديدة.

4.2.2 تكامل التخطيط والبناء والحوكمة

على مستوى الممارسة، ينبغي رفع مستوى تكامل مراكز البيانات مع تخطيط المدن والمناطق الجديدة وبنائها وحوكمتها، مع الجمع بين التخطيط والبناء الماديين والابتكار في الآليات المؤسسية. وبوصف مراكز البيانات وسلاسل نقلها كائنات نموذجية في فضاء التدفقات، فإن إنتاجها المكاني يتمتع بخصوصية كبيرة؛ فهي تستطيع خلق قيمة ضخمة في تخزين البيانات ومعالجتها ونقلها، ومن ثم ينبغي تصنيفها ضمن أراضي صناعة العلوم والتكنولوجيا، لا ضمن أراضي البحث العلمي أو المكاتب التجارية. ومن جهة أخرى، ولأن مخرجاتها غير ملموسة، فإن القيمة التي تخلقها محليا تحتاج إلى إظهارها عبر آليات ضريبية وتصميم مبتكر لأسواق عوامل الإنتاج، حتى تضخ حيوية في التنمية الاقتصادية المحلية[16].

وينبغي التأكيد أيضا أن مراكز البيانات قد تدفع اقتصاد المدن والمناطق الجديدة، لكنها، بسبب ارتفاع استهلاكها للطاقة وانبعاثها الكبير للحرارة، تطرح تحديات واقعية على التنمية الحضرية المستدامة. لذلك يجب أن تكون الاستدامة والمرونة مبدأين أساسيين في التخطيط والبناء، وأن تعتمد قدر الإمكان تدابير بيئية مثل تصميم المباني الخضراء، واستخدام الطاقة المتجددة، ونظم التبريد عالية الكفاءة، لخفض البصمة الكربونية وبناء مدن خضراء منخفضة الكربون موجهة إلى العصر الجديد.

5 الخلاصة

درست هذه المقالة توزيع مراكز البيانات واختيار مواقع بنائها بوصفها تجسيدا ودعامة للقوى الإنتاجية الجديدة النوعية. وتوصلت إلى أن التوزيع الكلي لمراكز البيانات يرتبط بدرجة واضحة بمستوى التنمية الاقتصادية الإقليمية، بينما تتأثر قرارات اختيار الموقع على المستوى الجزئي بعوامل متعددة، منها الكلفة واستهلاك الطاقة والسياسات والبيئة؛ وتختلف حساسية هذه العوامل باختلاف أنواع مراكز البيانات. كما يظهر توزيع مراكز البيانات في الصين والولايات المتحدة واليابان تفضيلا لأطراف المدن الكبرى. وبناء على ذلك، تقترح المقالة أن تكون المدن والمناطق الجديدة حواملا مكانية رئيسية مناسبة لمراكز البيانات.

تجمع هذه الدراسة بين الرقمنة الذكية والتخطيط المكاني، غير أن نتائجها ومقترحاتها لا تزال في الأساس على مستوى إدراكي. أما تحليل تفضيلات مواقع الأنواع المختلفة من مراكز البيانات وآثارها المكانية، فلا يزال يعتمد بصورة رئيسية على أحكام كمية، ويفتقر إلى تحليل تجريبي معمق. وينبغي للبحوث المستقبلية أن تعزز جمع البيانات التجريبية وتحليلها، وأن تستخدم تقنيات البيانات الضخمة بوجه خاص لإجراء تحليل ذكي لاختيار مواقع مراكز البيانات[17-18]، بما يسمح بتقييم أدق لحساسية الموقع تجاه العوامل المختلفة، وبفهم أعمق للآثار المركبة في الاقتصاد والبيئة الاجتماعية المحليين.

الهوامش

① أُخذ تعريف «القوى الإنتاجية الجديدة النوعية» من الموقع الإلكتروني لمركز المعلومات الوطني: https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202402/t20240206_1363980.html.

المراجع

[1] al. et Zhituan, DENG Haixiao, PAN O, HERZOG تمكين الجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي للتخطيط الحضري: الفرص والتحديات [J]. Forum, Planning Urban :(4)2023 .11-1 (بالصينية)

[2] al. et Zhi, YIN Tingwei, ZHANG Jin, DUAN «التحديث الحضري والريفي على الطريقة الصينية: الدلالات والخصائص ومسارات التنمية» - مناقشة أكاديمية [J]. Forum, Planning Urban :(1)2023 .10-1 (بالصينية)

[3] al. et Jingxiang, ZHANG Yanjing, ZHAO Kai, WANG «القوى الإنتاجية الجديدة النوعية والتخطيط الحضري والريفي» - مناقشة أكاديمية [J]. Forum, Planning Urban :(4)2024 .10-1 (بالصينية)

[4] Min. ZHAO Chenhao, FANG الإطار النظري لـ«العرض والطلب المكانيين» من منظور التخطيط الحضري ودلالاته البحثية [J]. Forum, Planning Urban :(1)2023 .32-26 (بالصينية)

[5] al. et Shuran, LI Wei, GAN Zhiqiang, WU «الأدمغة الجمعية الحضرية»: النموذج النظري والقضايا الأساسية [J]. Forum, Planning Urban :(6)2023 .26-20 (بالصينية)

[6] al. et Xianqing, WANG Yifu, LIN القوى الإنتاجية الجديدة النوعية: نقطة ارتكاز التنمية الابتكارية في الصين ومنطقها الداخلي [M]. Group, Press CITIC .2024 (بالصينية)

[7] al. et Kai, WANG Jin, DUAN Zilai, TANG «التكامل عالي الجودة في دلتا اليانغتسي: ماذا يستطيع التخطيط أن يفعل؟» - مناقشة أكاديمية [J]. Forum, Planning Urban :(2)2024 .11-1 (بالصينية)

[8] al. et Wenchang, ZHOU Zhao, JIANG Mingrui, SHEN أكوام شحن مركبات الطاقة الجديدة بوصفها بنية تحتية حضرية: خصائص الخدمة الجديدة والتفكير التخطيطي الجديد [J]. Planning, Urban ,2024 :(7)48 .27-16 (بالصينية)

[9] Zhimin. LI Qiancen, LIU تحليل واقع واتجاهات تطور مراكز البيانات في موجة «البنية التحتية الجديدة» [J]. China Internet, :(9)2020 .31-26 (بالصينية)

[10] ERDEM M, ÖZDEMIR A. Sustainability and risk assessment of data center locations under a fuzzy environment [J]. Journal of Cleaner Production, 2024, 450: 141982.

[11] WANG F, LV C, XU J. Carbon awareness oriented data center location and configuration: an integrated optimization method [J]. Energy, 2023, 278: 127744.

[12] Fan. XIAO Fangye, DU e,'Jiao WANG دراسة أنماط التوزيع المكاني للبنية التحتية الجديدة: مراكز البيانات الكبيرة مثالا [J]. Acta Geographica Sinica, 2023, 78(2): 259-272. (بالصينية)

[13] Min. ZHAO Su, XU من «مركز مضاد للجذب» إلى «مدينة عقدية إقليمية»: التتابع الوظيفي واستراتيجيات التخطيط لبناء المدن الجديدة في المدن الكبرى في العصر الجديد [J]. Planning, Urban ,2024 :(9)48 .18-13 (بالصينية)

[14] Maoying. DENG استكشاف تخطيط موجه نحو الحوكمة المكانية في منظور التحول التنموي للمدن العملاقة: استنادا إلى ممارسة التخطيط الشامل للفضاء الإقليمي في قوانغتشو [J]. Forum, Planning Urban :(4)2024 .57-51 (بالصينية)

[15] VASUDEVAN M, TIAN Y C, TANG M, et al. Profile-based application assignment for greener and more energy-efficient data centers [J]. Future Generation Computer Systems, 2017, 67: 94-108.

[16] Xi. WENG Sihang, CAI إطار نظري اقتصادي جديد لعنصر البيانات [J]. Digest, Xinhua :(11)2024 .53-50 (بالصينية)

[17] al. et Yuankai, WANG Zhiqiang, WU Wei, GAN بناء نموذج نظري للتصميم الحضري بمساعدة AIGC [J]. Forum, Planning Urban :(2)2023 .18-12 (بالصينية)

[18] al. et Qi, LIU Mimi, ZHOU Zhiqiang, WU «التوأم العابر للأجيال»: رسم خرائط الخصائص الحيوية للمدينة [J]. Forum, Planning Urban :(1)2024 .17-9 (بالصينية)

نُقح في: ديسمبر 2024

(تُرجم هذا المقال بمساعدة الذكاء الاصطناعي.)