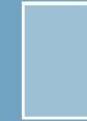


农业监测预警中的模型技术

庄家煜 副研究员

中国农科院信息所农业监测预警中心
农业农村部监测预警重点实验室

内容



一、背景

二、监测预警模型的特点

三、监测预警模型的应用

四、CAMES模型的发展

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC



2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

背景

2021AOC

为什么要监测预警



监测预警是农业发展新阶段的必然选择

古代农业
(传统农业)

- 特征：传统耕种，靠天吃饭，春种秋收
- 管理：根据时令节气变化，依据历法来管理农事

千百年
形成

现代农业
(集约农业)

- 特征：生产要素叠加，产业链拉长，专业化作业，联动性增强
- 管理：现代农业风险增大，管理复杂

未来农业
(智能农业)
农业4.0

- 特征：产消定制化，产业链耦合化，国内外市场一体化、智能化、少人化、无人化



以信息流和产业链为核心的农业监测预警应运而生

信息监测预警



从技术能力的视角

- **信息监测**: 是指对农产品生产、消费、市场等生产过程与环节进行现象描述与行为监测、追踪的系统行为。
- **信息预警**: 是指对未来农产品产业链运行态势进行分析与判断, 提前发布预告, 采取应对措施, 以防范和化解农业风险的过程。

从信息本质的视角

监测预警, 是对其生产、流通和消费多环节中信息特征值进行提取, 对产品全息信息流进行揭示、模拟、调控、管理的过程。

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC



2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

农业监测预警模型的特点

2021AOC

农业模型

粮食类模型

- 水稻模型
- 小麦模型
-

油料类模型

畜禽及肉类模型

蔬菜类模型

水果类模型

.....

统计类模型

- 回归分析

- 时间序列分析

- 聚类分析

-

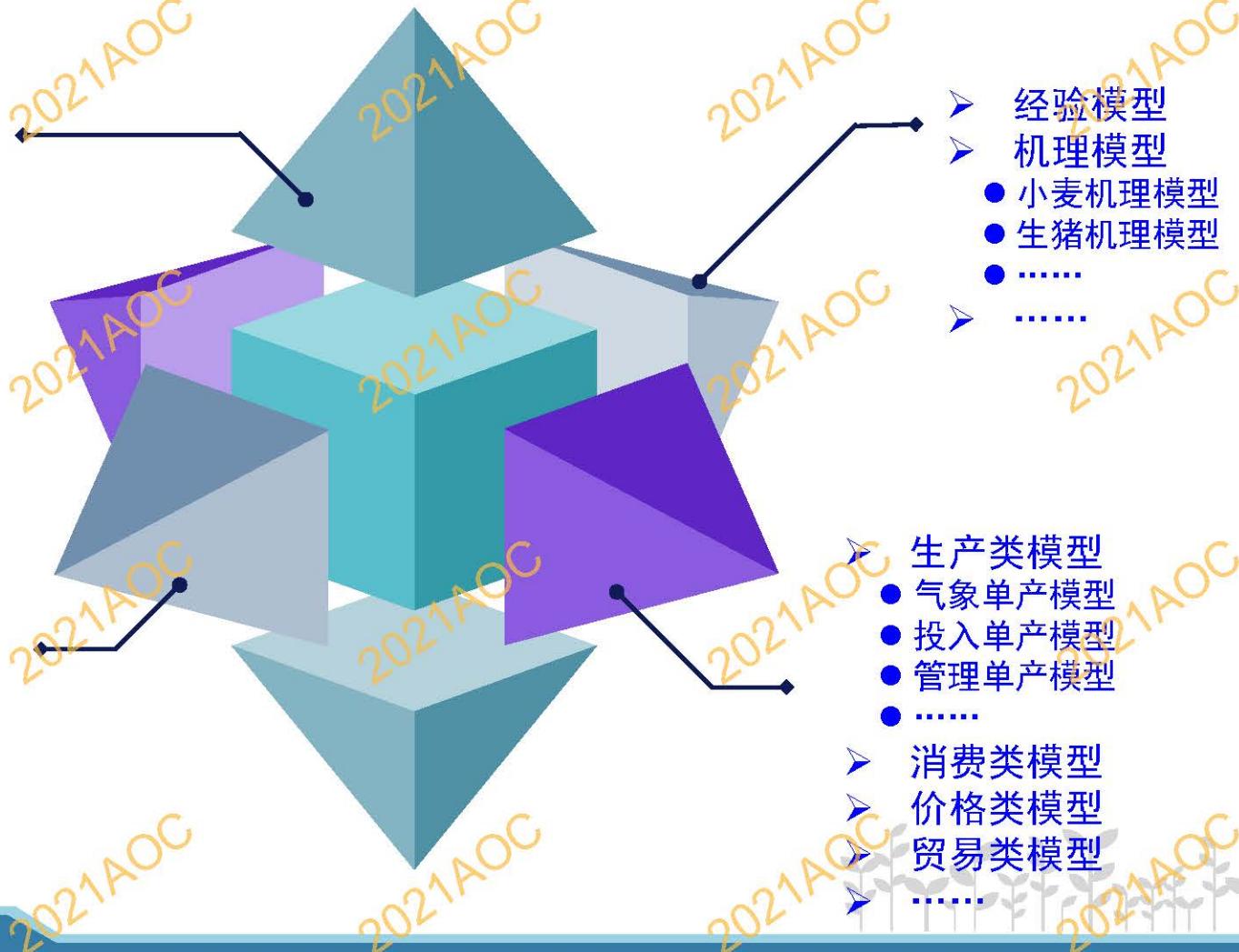
智能类模型

过程类模型

.....



不同视角下农业模型方法分类



大数据与农业监测预警



农业监测预警



大数据



农业监测预警模型对时效性的要求与大数据应用特点不谋而合

2021AOC 大数据时代的监测预警模型



模型是对现实的模拟和仿真，要分析复杂现实，需要模型辅助。

过去：理论驱动

- 先有理论（模型），再去找数据。在没有收集齐必须的数据之前无法驱动模型计算结果。
- 分析问题条件化、分数据去适应模型，分析结论片面化。

现在：数据驱动

- 大数据时代来临，先有数据，后有模型，模型根据数据选择。
- 数据驱动分析，更加贴近现实，分析结果难以预料，常常会有新的洞察。

更接近人的认知过程。
随着掌握信息量的增加，
预测的精度不断提升

类别	年份										
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
生产量	14 830	14 971	15 042	15 130	15 185	15 258	15 315	15 379	15 445	15 511	15 574
进口量	294	300	310	348	382	413	420	428	435	443	450
消费量	15 170	15 234	15 266	15 300	15 336	15 369	15 399	15 424	15 447	15 473	15 504
口粮消费量	11 157	11 177	11 166	11 158	11 157	11 156	11 156	11 155	11 154	11 154	11 153
饲用消费量	1 801	1 809	1 820	1 831	1 839	1 842	1 841	1 836	1 830	1 826	1 826
工业消费量	1 162	1 189	1 215	1 241	1 268	1 294	1 320	1 346	1 372	1 399	1 425
种用消费量	160	161	161	162	162	162	163	163	164	165	165
损耗及其他	890	898	903	908	911	915	919	923	927	931	934
出口	230	216	199	187	168	158	158	157	152	151	150
结余变化	-276	-179	-113	-9	63	143	178	226	280	330	370

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC



2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC

监测预警模型在农业展望中的应用

2021AOC

农业展望中的应用

应用模型系统是国际上开展农业展望的通用做法

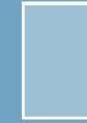
■ 美国农业部开发了多国商品联接模型（Baseline模型），包括了43个国家和地区在内的24种农产品。

■ 美国依阿华大学和密苏里大学联合开发了食物与农业政策模拟模型（Fapsim模型）。

■ OECD-FAO农业展望过程的主要工具是局部均衡模型（AGLINK-COSIMO）。

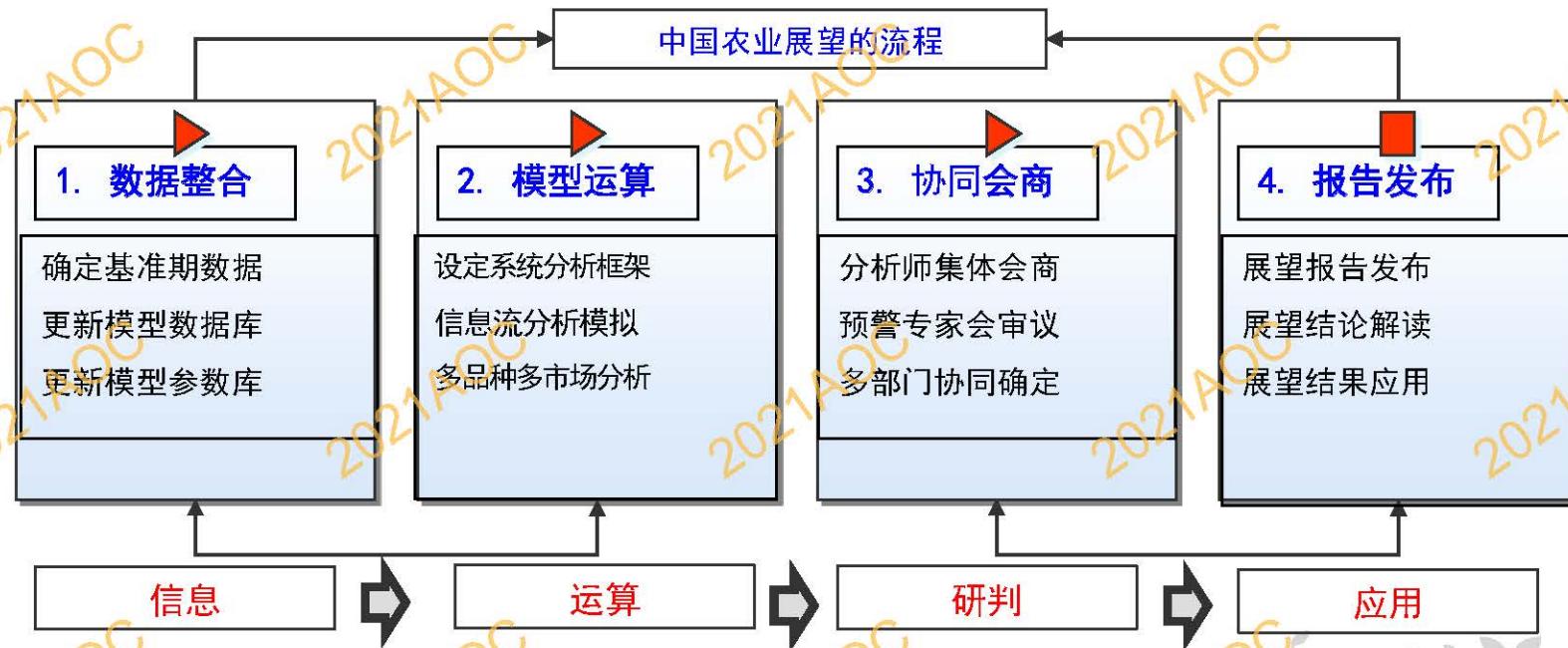
Code	TERMS	Contribution	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1

农业展望中的应用



从宏观尺度：

农业展望大会是时间周期为1年的监测预警过程，通过每年的信息积累进行模型运算和专家会商，对未来10年预测结果进行研判与更新。



建立分类模型开展分析



生产模型

应用气象类因素、投入类因素、管理类因素建立生产量分析预测模型

价格模型

建立基于总供给与总需求均衡的价格分析预测模型

消费模型

应用农产品价格、居民收入、价格弹性类因素建立消费量分析预测模型

中国农产品监测预警系统 China Agricultural Monitoring and Early warning System

■ 数据处理 ■ 统计分析 ■ 模型预测 ▲ 预警服务 □ 系统管理

模型

模型文件管理

名称	描述	适用范围	默认使用	模型参数	图表	用户	创建时间	操作
投入单产	适用于农作物	生产分析预测	生产分析预测	默认参数	线性图	数据一组	2018-04-08 17:08:53	
总消费	总消费模型	消费分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2018-02-08 03:05:15	
平衡表	平衡表模型	平衡表分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-29 17:11:13	
损耗	农产品在运输、加工等过程中形成的损耗量的计算	消费分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-29 13:55:54	
种植消费	用于种子消费的计算	消费分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-29 17:33:23	
工业消费	用于工业消费的计算	消费分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-29 17:29:45	
食用消费	用于农作物产品的食用消费计算	消费分析预测	消费分析预测	None	线性图	None	2017-12-29 17:16:39	
管理单产	管理单产	生产分析预测	生产分析预测	arg1	线性图	None	2017-12-29 16:44:51	
饲用消费	用于喂养牲畜的饲用消费计算	消费分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-29 15:59:54	
价格竞争播种面积	用于多种农作物价格影响播种面积的模型	生产分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-29 15:28:35	
气象单产	适用于农作物、分省单产短期预测，一段预测当季单产	生产分析预测	生产分析预测	type	线性图	None	2017-12-27 16:15:26	
总产量	可计算全省总产量和分省产量	生产分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-22 13:16:06	
单产	易占气单产、管理单产和投入单产的一个单产	生产分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-12-22 13:12:10	
总供给	总供给模型	生产分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-11-28 15:12:37	
地点零售价格	用于地点零售价格的预测计算	价格分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-11-28 14:54:19	
批发价格	用于批发价格的预测计算	价格分析预测	生产分析预测	None	线性图	None	2017-11-28 14:53:45	

当前显示 1 到 16 条记录, 共 29 条

上一页 | 1 2 下一页

各类模型需要考虑的因素



构建的前提是系统性
考虑各因素对农产品
供给或需求的影响。
由于农业系统的复杂
性，在模型构建过程
中需综合考虑多种自
然因素和社会因素的
影响。

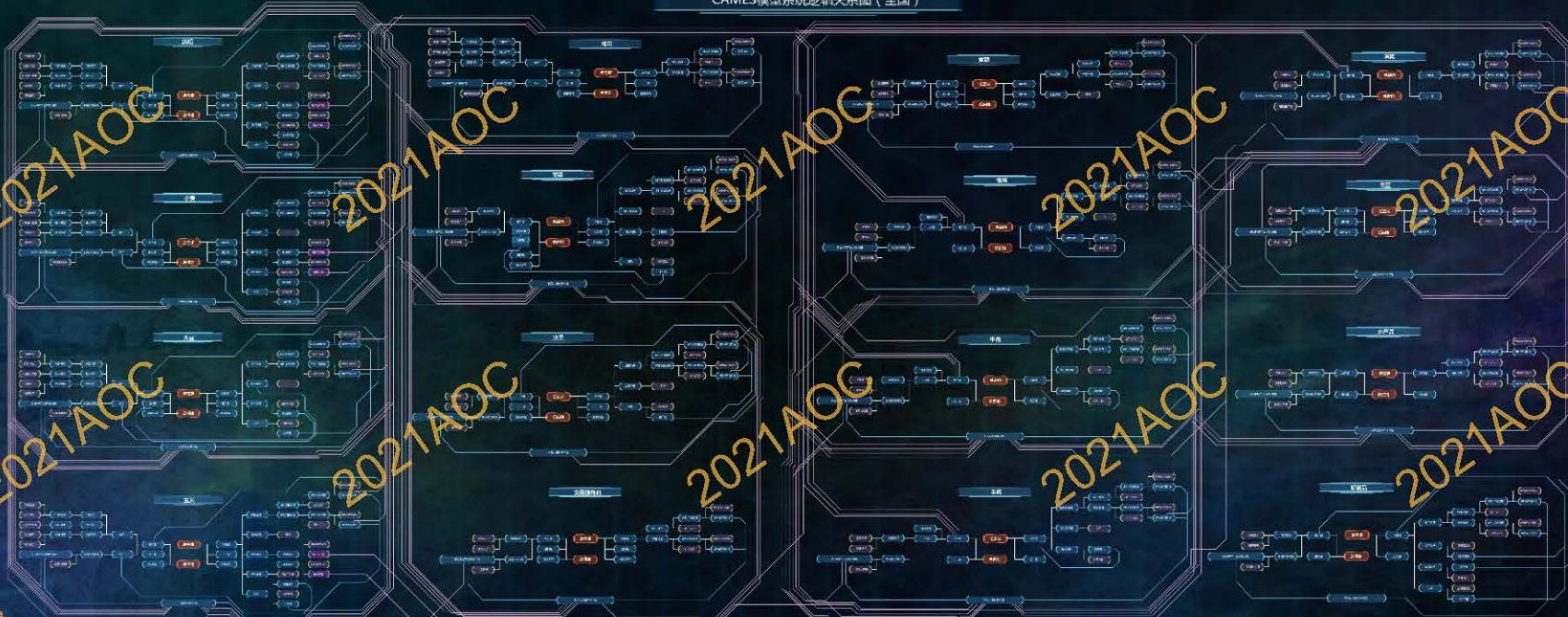
模型变量 Model variable f(x)	影响因素 Influence factor(x _i)	
生产量 Production quantity (QP)	作物单产 Yield 气象单产 Meteorological yield 投入单产 Input yield 管理单产 Management yield	温度、日照时数、降水量等 Temperature, sunshine duration, precipitation, etc. 成本收益情况、费用和用工情况、化肥种子投入、科技投入等 Cost-benefit situation, expenses and employment situation, fertilizer and seed input, technology input, etc. 投入政策、支持政策、保护政策、科技政策等 Input policy, support policy, protection policy, science and technology policy, etc.
收获面积 Harvested area	价格竞争面积 Price competition area	上一期投入产出效益、其他竞争农产品上一期投入产出效益、上一期种植面积等 Input-output benefits of the previous period, input-output benefits of the previous period of other competitive agricultural products, planting area of the previous period, etc.
消费量 Consumption quantity (QC)	调查面积 Survey area 遥感面积 Remote sensing area 畜禽产量 Livestock production 食用（口粮）消费 Food use consumption 工业消费 Industrial consumption 饲用消费 Feed consumption 种用消费 Seed consumption 损耗 Wastage 进出口量 Import and export	调查问卷等 Questionnaire, etc. NDVI 植被指数、物候期等 NDVI vegetation index, phenology, etc. 生育期因素、效益成本、管理因素、调查因素等 Fertility factors, benefit costs, management factors, survey factors, etc. 人均收入、均衡价格等 Per capita income, equilibrium price, etc. 生产价格、人均国民生产总值和工业增长率等 Production prices, GDP per capita, industrial growth rate, etc. 畜产品产量、料肉比、饲料价格、投入品和产品出的价格 Production of livestock products, feed-to-meat ratio, feed prices, prices of inputs and outputs 播种面积、每亩种子用量 Seeded area, seed per mu 产量、损耗系数 Production, wastage factor 国内外价差、关税、进出口配额、产需缺口和汇率等 Domestic and foreign price differences, tariffs, import and export quotas, production and demand gaps, exchange rates, etc.
贸易量 Trade (T) 价格 Price (P)	均衡价格指数 Equilibrium price index	生产因素、消费因素、政策因素、偶发因素等 Production factors, consumption factors, policy factors, incidental factors, etc.

建设监测预警模型系统



模型与内外部因素通过信息的输入输出方式进行联系，形成各类功能模块的关联与反馈，模型系统既体现外部因素对系统影响，又表现出内部结果的关联。

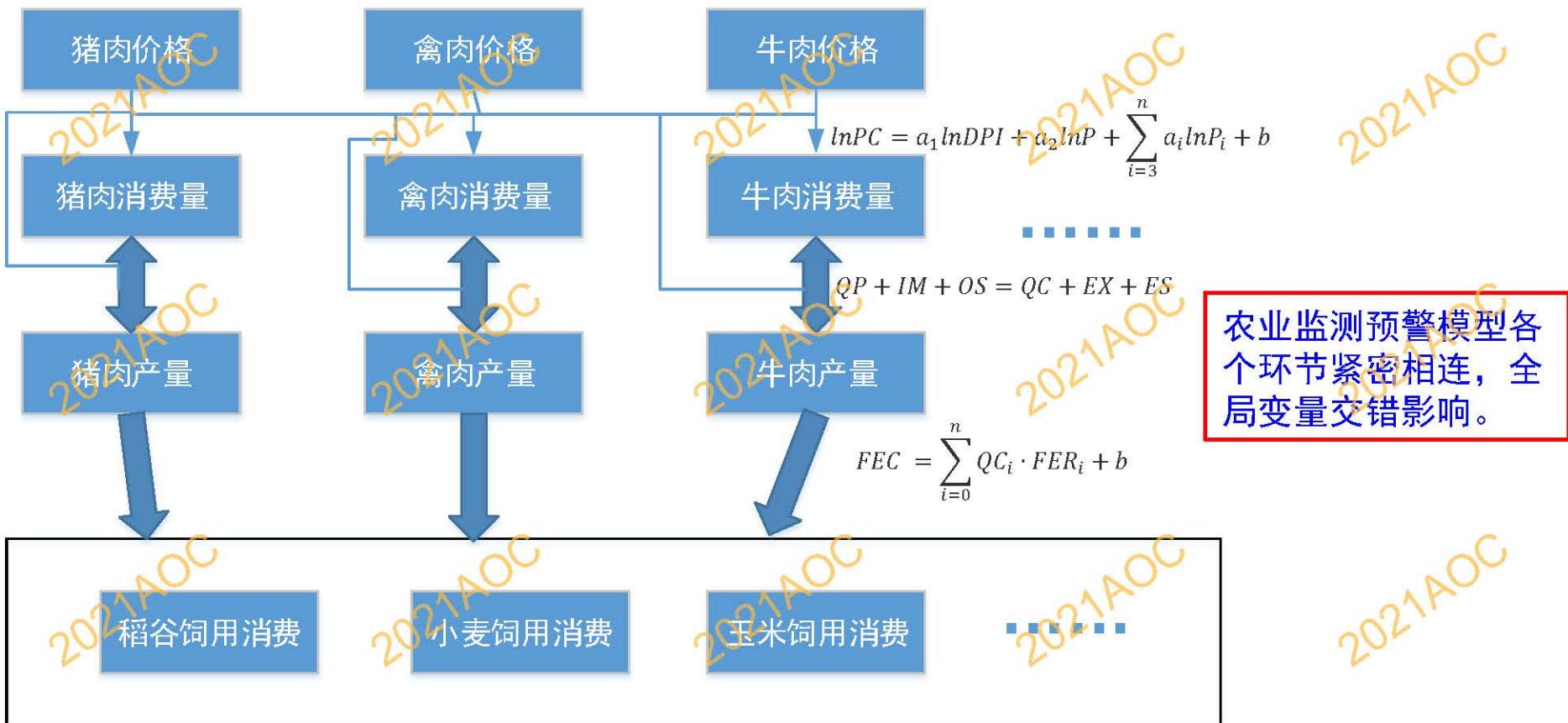
CAMES模型系统逻辑关系图（全国）



注：该图仅为示意性图

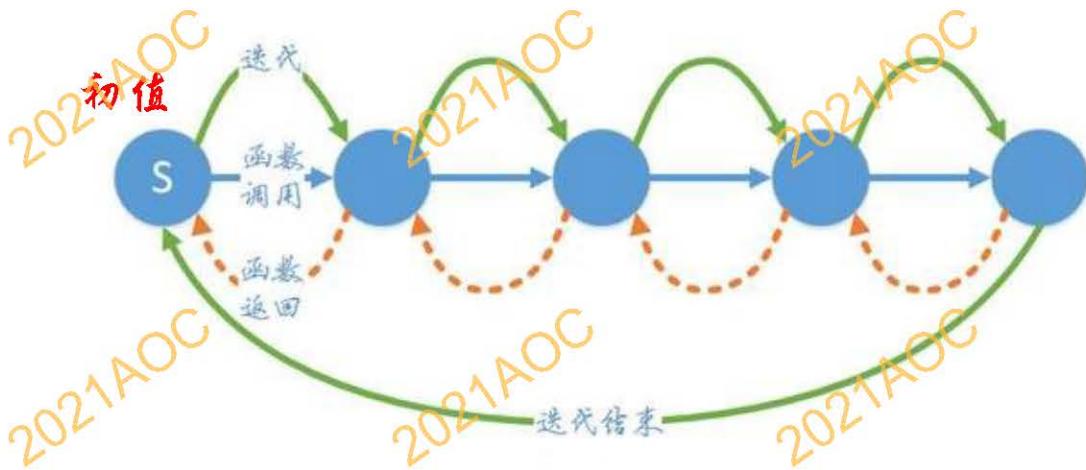


多因素分类解耦技术



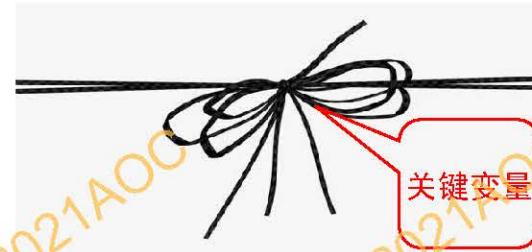
农业监测预警模型各个环节紧密相连，全局变量交错影响。

多因素分类解耦技术



农业过程复杂因素具有的变量耦合性强、非线性等特点，传统方法难以综合处理。随着现代计算机技术的发展，可以通过云计算的方式进行数值运算。利用数值逼近方法，通过集群计算机得到模型**数值解**。

在供需均衡模型中选取关键变量（均衡价格）作为迭代变量进行数值运算。

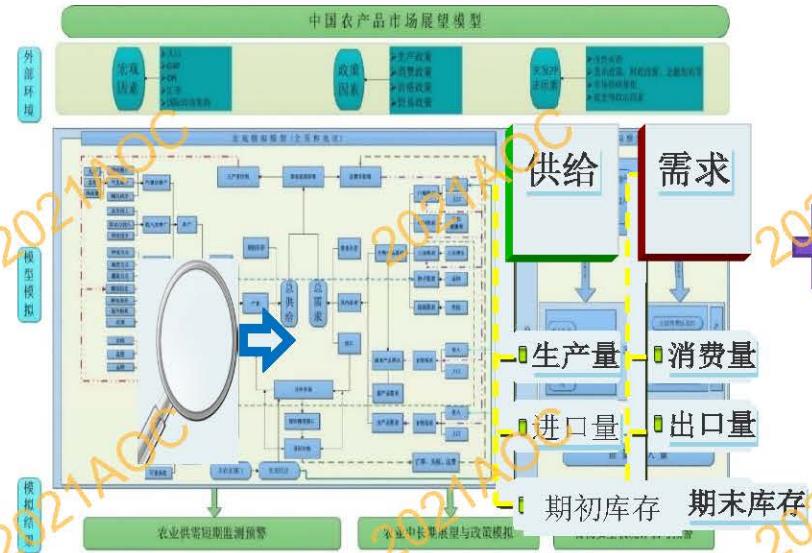


建设监测预警模型系统



将传统的供需均衡原理与大数据技术融合，通过扩充数据全面性、提升分析智能性和强化运算快捷性，不断提升监测预警模型支撑能力。

供需均衡经济学原理



大数据+人工智能技术

关联分析
模型

时间序列
模型

最优化
分析模型

动态
模拟模型

集群
技术

人工智能
模型
...

模型集成
技术

生产量预测：投入类、管理类产量预测模型群，产量形成的复杂因素解析

消费量预测：差异化消费量预测模，分析农产品不同消费去向

价格预测：循环神经网络价格分析，多维条件农产品价格预测

2021AOC

2021AOC

2021AOC

2021AOC



2021AOC

CAMES模型的发展

——中国农产品监测预警系统

2021AOC

CAMES模型的发展



The screenshot shows the GamsIDE environment with the following details:

- File Menu:** File, Edit, Search, Windows, Utilities, Model Libraries, Help.
- Toolbar:** Includes icons for Open, Save, Run, Stop, and others.
- Left Pane (Model Tree):** Shows the structure of the model with nodes like Compilation, Execution, Display, Equation Listing, and Model Statistics.
- Right Pane (Output Window):** Displays the following text:

```
+ RQM(CHN,nagntrade) - RQE(CHN,nagntrade) =E= 0 ; (LHS = 0)
GAMS Rev 237 WIN-VS8 23.7.3 x86/MS Windows          03/17/12 10:37:24 Page 5
Economywide Multimarket model for China
Model Statistics: SOLVE MultiMkt Using MCP
Solution Report: SOLVE MultiMkt Using MCP
Execution: SOLVE MultiMkt Using MCP
Display: SOLVE MultiMkt Using MCP

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS      24      SINGLE EQUATIONS      517
BLOCKS OF VARIABLES       20      SINGLE VARIABLES      517
NON ZERO ELEMENTS        3,801     NON LINEAR N-Z      2,726
DERIVATIVE POOL            6      CONSTANT POOL      1,385
CODE LENGTH                11,138

GENERATION TIME           = 0.171 SECONDS      4 Mb WIN237-237 Aug 23, 2011
GAMS Rev 237 WIN-VS8 23.7.3 x86/MS Windows          03/17/12 20:37:24 Page 6
Economywide Multimarket model for China
Solution Report: SOLVE MultiMkt Using MCP From line 1628

SOLVE SUMMARY

MODEL MultiMkt
TYPE MCP
SOLVER PATH              FROM LINE 1628

**** SOLVER STATUS      1 Normal Completion
**** MODEL STATUS        1 Optimal
```
- Bottom Right Corner:** A smaller window titled "国家模型统计结果, 517 个" (National Model Statistics Results, 517 items) is visible.

CAMES 1.0版本

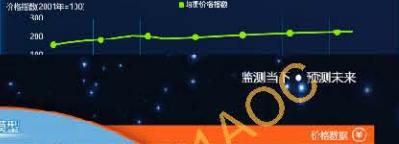
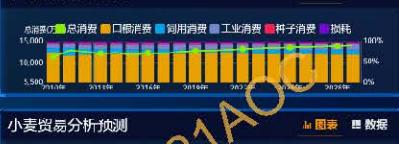
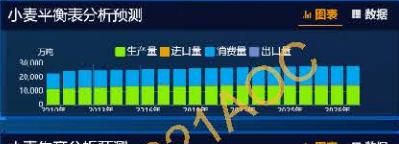
(GAMS和EXCEL)

CAMES模型的发展



中国农产品监测预警系统
China Agricultural Monitoring and Early-warning System

1. 水稻分析预测
 2. 小麦分析预测
 - 2.1 小麦全国平衡表分析
 - 2.2 小麦全国供给分析预测
 - 2.3 小麦全国需求分析预测
 - 2.4 小麦全国均价分析预测
 - 2.5 小麦分省平衡表分析
 - 2.6 小麦分省产量分析预测
 - 2.7 小麦分省消费量分析预测
 - 2.8 小麦分省调入调出量分析预测
 - 2.9 小麦分省价格分析
 - 2.10 小麦预警分析
 3. 玉米分析预测
 4. 大豆分析预测
 5. 食用植物油分析预测
 6. 棉花分析预测
 7. 食糖分析预测
 8. 蔬菜分析预测
 9. 水果分析预测
 10. 猪肉分析预测
 11. 禽畜分析预测
 12. 牛肉分析预测
 13. 羊肉分析预测
 14. 鸡蛋分析预测
 15. 奶制品分析预测
 16. 水产品分析预测

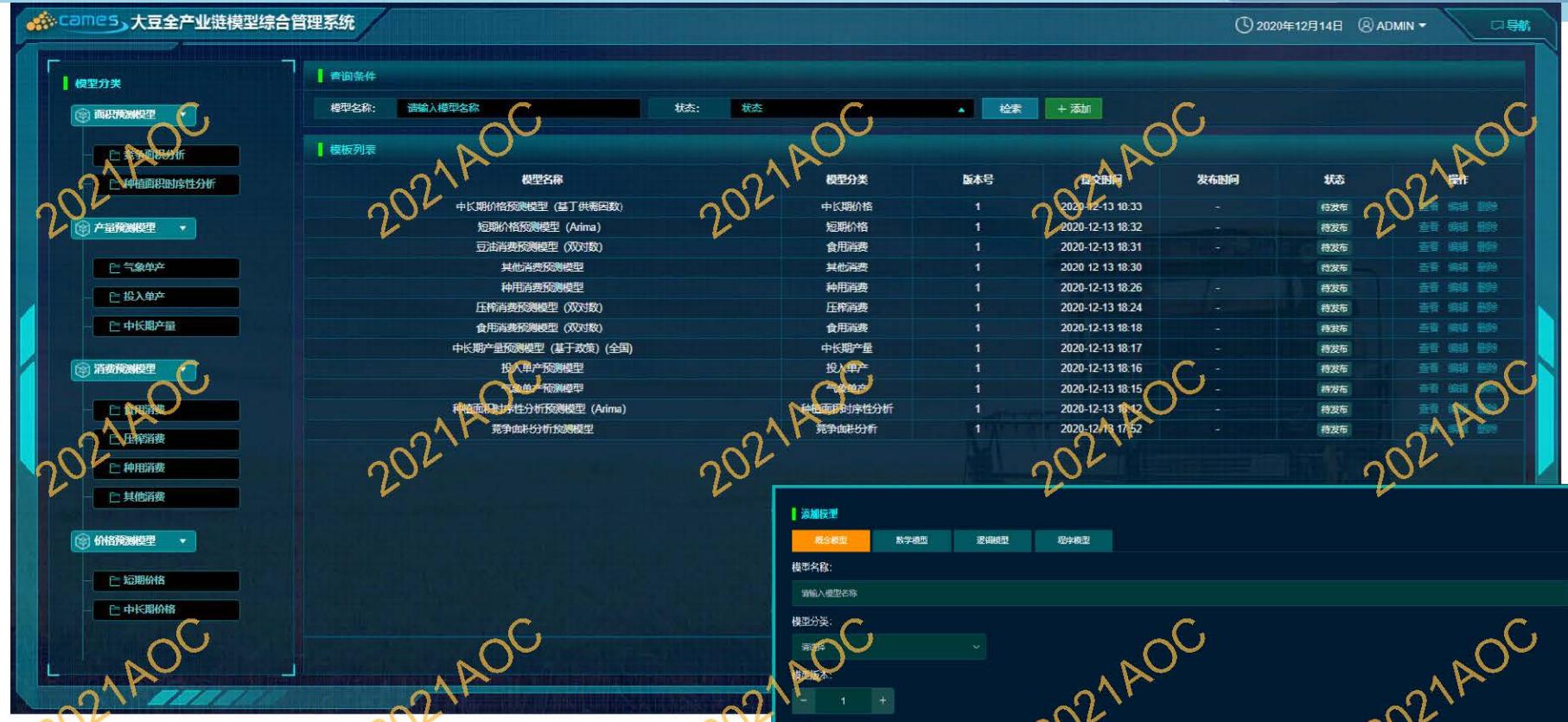


CAMES 2.0版本

更多的支持气象、投入品等监测数据



CAMES模型的发展



未来：融合更多异构信息，建立跨计算机语言模型系统，以便形成模型资源库，提升模型规范性、继承性及扩展性

谢谢！